



Уральский
федеральный
университет

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

Химико-
технологический
институт

Ю. Г. КИРСАНОВ

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Учебное пособие

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

Ю. Г. Кирсанов

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Учебное пособие

Рекомендовано
методическим советом Уральского федерального университета
в качестве учебного пособия для студентов вуза, обучающихся
по направлению подготовки 18.03.02, 18.04.02
«Энерго- и ресурсосберегающие процессы
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2018

УДК 502.175:502.3(075.8)
ББК 20.18я73+26.23я73
К43

Рецензенты:

О. Ф. Сидоров, доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией новых технологических процессов (Восточный научно-исследовательский углехимический институт);
Т. Л. Кузнецова, кандидат химических наук, доцент (ООО «ИПЦ-16»)

Научный редактор

М. Г. Шишов, кандидат химических наук, доцент (Уральский федеральный университет)

Кирсанов, Ю. Г.

К43 Оценка воздействия выбросов вредных веществ на атмосферный воздух : учеб. пособие / Ю. Г. Кирсанов ; [науч. ред. М. Г. Шишов] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 110 с.

ISBN 978-5-7996-2341-8

В учебном пособии представлены основные положения нормативно-правовых документов и их использование при инвентаризации выбросов загрязняющих веществ, установлении предельно допустимых и временно согласованных выбросов промышленными предприятиями и контроле за их соблюдением. Материал пособия содержит примеры решения практических задач, связанных с расчетами концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» по программам бакалавриата 18.03.02 и 18.04.02 магистратуры.

УДК 502.175:502.3(075.8)
ББК 20.18я73+26.23я73

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Условные обозначения.....	7
Введение.....	9
1. Структура проекта нормативов предельно допустимых выбросов.....	12
2. Инвентаризация загрязняющих веществ и источников их выбросов в атмосферу.....	14
2.1. Обязательность и назначение инвентаризации.....	14
2.2. Содержание работ по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.....	17
3. Процесс нормирования выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.....	19
3.1. Основные требования к работам по нормированию выбросов загрязняющих веществ.....	19
3.2. Характеристика и учет параметров выбросов, влияющих на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере.....	26
3.3. Оценка влияния застройки на загрязнение воздуха на территории промплощадки.....	31
3.4. Учет трансформации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.....	32
3.5. Фоновое загрязнение атмосферы и его учет при нормировании выбросов.....	32
4. Расчеты рассеивания выбросов загрязняющих веществ в атмосфере и предложения по нормативам предельно допустимых выбросов.....	37
5. Санитарно-защитная зона и ее установление.....	40
5.1. Нормативные требования к установлению санитарно-защитной зоны.....	40

5.2. Проектирование и установление размера и границ санитарно-защитной зоны.....	42
5.3. Организация территории санитарно-защитной зоны.....	44
6. Учет залповых и аварийных выбросов в атмосферу.....	46
7. Контроль по соблюдению нормативов выбросов предприятиями.....	48
8. Мероприятия по регулированию выбросов при неблагоприятных метеоусловиях.....	52
9. Удельные технологические выбросы загрязняющих веществ.....	55
10. Основы детальных расчетов загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха.....	58
10.1. Характеристика процессов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.....	58
10.2. Основные положения расчета концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.....	62
10.3. Расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ одиночного источника.....	65
10.4. Определение максимальной приземной концентрации и расстояния до точки ее достижения при скорости ветра, отличающейся от опасной.....	70
10.5. Расчет концентрации вредных веществ при опасной скорости в любой точке на оси факела выброса при опасной скорости ветра.....	71
10.6. Расчет концентрации вредных веществ в любой точке на прямой, перпендикулярной оси факела выброса.....	73
10.7. Расчет загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха при выбросе из источника с прямоугольным устьем.....	73
10.8. Учет взаимодействия источников выбросов загрязняющих веществ.....	74
10.9. Установление предельно допустимых и временно согласованных выбросов для стационарных источников.....	75
10.10. Определение мощности и минимальной высоты источника при фиксированных параметрах выброса.....	77
11. Примеры решения задач, связанных с расчетами загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха.....	80
Список библиографических ссылок.....	107

ПРЕДИСЛОВИЕ

В учебном пособии рассмотрен процесс установления предельно допустимых выбросов и временно согласованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух как для вновь строящихся промышленных объектов, так и действующих производств, рассмотрены этапы их установления и содержание работ на этапах. Дана характеристика и значение таких важных понятий, как максимальная концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе при опасной скорости ветра и иных его скоростях, учет взаимодействия источников выбросов загрязняющих веществ, фоновых концентраций, санитарно-защитной зоны и другие понятия. Приведены примеры решения задач по расчету характеристик загрязнения атмосферного воздуха и установления предельно допустимых выбросов (ПДВ).

Нормированием выбросов загрязняющих веществ, как правило, занимаются специалисты-экологи промышленных предприятий или работники специализированных организаций. Следовательно, при их подготовке в течение учебного процесса важно обеспечить получение необходимых теоретических знаний и основных практических умений и навыков:

- понимать механизм процесса рассеивания выбросов в атмосфере;
- использовать основные нормативно-технические документы по расчету рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере и установлению нормативов ПДВ (ВСВ) [2, 7];

- работа с компьютерной программой расчета рассеивания выбросов в атмосфере;
- анализировать результаты расчетов и предлагать мероприятия по снижению выбросов;
- определять класс предприятий в соответствии с санитарной классификацией и размеры санитарно-защитной зоны (СЗЗ) [9];
- составлять мероприятия на период неблагоприятных метеорологических условий для трех режимов работы предприятия [6];
- определять категорию источников загрязнения атмосферы (ИЗА), выбрасываемых или загрязняющих веществ [9];
- составлять график контроля за соблюдением нормативов предельно допустимых выбросов [6].

Задачей настоящего учебного пособия является помощь студентам в освоении теоретического материала и приобретении практических навыков работы с нормативно-правовыми документами при выполнении расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и установления нормативов ПДВ и ВСВ.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

A	коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы
C	концентрация примеси в приземном слое атмосферного воздуха, мг/м^3
C_m	максимальная приземная концентрация примеси, мг/м^3
D	диаметр устья источника выброса, м
F	безразмерный коэффициент, учитывающий дисперсность выбрасываемой примеси
H	высота источника выброса, м
\bar{H}	средневзвешенная высота источников выброса, м
M	мощность выброса — масса примеси, выбрасываемая в атмосферу из источника в единицу времени, г/с
m, n	безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса
ΔT	разность температур выбрасываемой газовой смеси T_r и атмосферного воздуха T_b
u	скорость ветра в приземном слое атмосферного воздуха, м/с
u_m	опасная скорость ветра, м/с
u_{mc}	средневзвешенная опасная скорость ветра, м/с
V_1	объемная скорость выхода газовой смеси из устья источника, $\text{м}^3/\text{с}$

w_0	линейная скорость выхода газовой смеси из устья источника, м/с
X	расстояние от источника до точки на оси факела выброса, м
X_m	расстояние от источника до точки на оси факела выброса, где достигается концентрация C_m , м
η	безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примеси
ВСВ	временно согласованный выброс вредных веществ в атмосферу, г/с
ИЗА	источник загрязнения атмосферы
НМУ	неблагоприятные метеороусловия
ПДВ	предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу, г/с
$ПДК_{м.р}$	максимальная разовая предельно допустимая концентрация примеси в приземном слое атмосферного воздуха, мг/м ³
$ПДК_{с.с}$	среднесуточная предельно допустимая концентрация примеси в приземном слое атмосферного воздуха, мг/м ³
СЗЗ	санитарно-защитная зона

ВВЕДЕНИЕ

Технологические процессы промышленных предприятий являются крупными источниками загрязнения окружающей природной среды. Поскольку безотходных технологий практически не существует, то необходимы механизмы и инструменты, позволяющие обеспечивать сохранность качества природной среды.

Федеральным законом «Об охране атмосферного воздуха» (ст. 16) [1] установлены требования к охране атмосферного воздуха при проектировании, размещении, строительстве, реконструкции и эксплуатации промышленных объектов, соблюдение которых обязательно:

- непревышение экологических, санитарно-гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха;
- установление санитарно-защитных зон предприятий;
- разработка мер по уменьшению выбросов вредных веществ и их обезвреживанию;
- непревышение технологических нормативов выбросов и предельно допустимых выбросов при вводе в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий и др.;
- запрет размещения и эксплуатации предприятий, не имеющих установок очистки газов и средств контроля за выбросами в атмосферу, предусмотренных правилами охраны атмосферного воздуха.

В качестве основного инструмента, обязывающего промышленные предприятия сокращать выбросы, является установление эко-

логических нормативов — предельно допустимых выбросов (ПДВ) и временно согласованных выбросов (ВСВ) в атмосферный воздух.

Под нормативом ПДВ понимается такое количество загрязняющего вещества, при поступлении которого в атмосферу в единицу времени, с учетом рассеивания выбросов в атмосфере и совокупности всех других источников выбросов, расположенных в данном районе, не создается концентрация, превышающая гигиенических (ПДК) и экологических нормативов качества атмосферного воздуха [2].

Под нормативом ВСВ понимается лимит выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для действующих стационарных источников выбросов с учетом качества атмосферного воздуха и социально-экономических условий, развития соответствующей территории, в целях поэтапного достижения установленного предельно допустимого выброса [2].

Сокращение выбросов и сбросов предполагает уровень, который не приводит к содержанию примеси в объектах природной среды, превышающему ее санитарно-гигиенический норматив — предельно допустимую концентрацию (ПДК).

Нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу устанавливаются как для действующих предприятий, так и для вводимых в эксплуатацию новых и (или) реконструированных промышленных предприятий [2].

Для действующих предприятий нормативы ПДВ (ВСВ) устанавливаются в составе «Проекта нормативов предельно допустимых выбросов». Нормативы ВСВ устанавливаются, когда нормативы ПДВ не могут быть достигнуты по причинам объективного характера. Основанием для их установления являются результаты инвентаризации выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) и их источников.

В проектах вновь строящихся или реконструируемых промышленных объектов разрабатывается раздел «Перечень мероприятий по охране окружающей среды». В разделе приводятся результаты оценки воздействия ЗВ на окружающую среду и перечень мероприятий по предотвращению или снижению возможного негативного воздействия на окружающую среду (ОС) на период строительства и эксплуатации. Основой установления нормативов

выбросов ЗВ в атмосферу также служат расчеты их концентраций в атмосферном воздухе и сопоставление с нормативами ПДК.

Разработка нормативов ПДВ ведется в соответствии с основными правовыми, нормативными и методическими документами, регламентирующими и унифицирующими их разработку:

- Федеральный закон от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» [1];
- постановление Правительства РФ от 02.03.2000 г. № 183 «О нормативах выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на него» [3];
- Перечень методик для расчета, нормирования и контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [4];
- Рекомендации по оформлению и содержанию проекта нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ) для предприятия [5];
- Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями [2];
- Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное) [6];
- Методы расчетов рассеивания вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе [7];
- Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух [8].

Практический процесс нормирования выбросов предусматривает необходимость проведения анализа технологических процессов и технологического оборудования, их соответствия передовому научно-техническому уровню в стране и за рубежом, анализа технического состояния и эффективности работы пылегазоочистных установок.

1. СТРУКТУРА ПРОЕКТА НОРМАТИВОВ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ВЫБРОСОВ

Состав и содержание «Проекта нормативов ПДВ» определяется рекомендациями [5; 6, с. 114–115]:

- Титульный лист.
- Сведения о разработчике и список исполнителей.
- Реферат.
- Содержание.

Введение, в котором приводятся основные документы, использованные при разработке нормативов.

В разделе 1 «Общие сведения о предприятии» приводятся его реквизиты, количество промышленных площадок, расположение граничащих с ним жилых массивов, промышленных зон и других объектов.

В разделе 2 «Характеристика предприятия как источника загрязнения атмосферного воздуха» дается характеристика предприятия как источника загрязнения атмосферы, приводятся сведения:

- об основном сырье выпускаемой продукции; технологических процессах, оборудовании, топливе, пылегазоочистных установках;
- расчеты показателей удельных технологических выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу;
- перечни загрязняющих веществ, подлежащих и не подлежащих государственному учету и нормированию;
- параметры выбросов загрязняющих веществ.

В разделе 3 «Расчеты рассеивания выбросов в атмосферном воздухе и предложения по нормативам ПДВ» размещаются:

- предварительная оценка влияния выбросов вредных веществ на загрязнение приземного слоя воздуха;
- детальные расчеты загрязнения воздуха;
- мероприятия по снижению воздействия выбросов на атмосферу;
- расчеты загрязнения атмосферы на перспективу;
- предложения по нормативам ПДВ.

В разделе 4 «Контроль за соблюдением установленных нормативов выбросов на предприятии» приводятся материалы, обосновывающие график контроля соблюдения нормативов ПДВ.

В разделе 5 «Мероприятия по регулированию выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях» приводятся мероприятия по режимам работы в зависимости от уровня загрязнения атмосферы.

Список использованных источников.

Приложения.

2. ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ И ИСТОЧНИКОВ ИХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ

2.1. Обязательность и назначение инвентаризации

Инвентаризация, согласно «Инструкции по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу» [11], является систематизацией сведений о распределении источников по промплощадке предприятия, количестве и составе выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

В соответствии со статьей 22 ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» [1] она проводится всеми действующими предприятиями, имеющими организованные и неорганизованные выбросы загрязняющих веществ, функционирующие постоянно или временно [2].

Материалы инвентаризации служат основанием для проведения работ по нормированию выбросов в атмосферный воздух для действующих предприятий [2], а для вводимых в эксплуатацию новых и реконструируемых предприятий используются данные проектной документации [10].

В соответствии с требованиями нормативных документов [11, 12] материалы инвентаризации служат исходными данными для решения важных задач:

- оценки степени влияния выбросов ЗВ предприятия на атмосферный воздух;
- установления предельно допустимых норм выбросов как в целом по предприятию, так и по отдельным источникам и загрязняющим веществам;

- составления перечней источников и загрязняющих веществ, которые подлежат государственному учету и нормированию;
- организации контроля соблюдения установленных норм выбросов;
- государственного учета предприятий, имеющих источники выбросов загрязняющих веществ;
- разработки проекта норм ПДВ предприятия;
- проведения сводных расчетов для городских территорий при наличии достаточных исходных данных;
- составления государственной статистической отчетности по форме № 2ТП (воздух) «Сведения об охране атмосферного воздуха»;
- оценки экологических характеристик используемых на предприятии технологий;
- планирования воздухоохраных мероприятий на предприятии.

Расчет выбросов ЗВ производится с использованием удельных показателей, т. е. выбросов загрязняющих веществ, приведенных к единице времени, оборудования, массе получаемой продукции или расходуемых материалов.

На основании проведенной инвентаризации предприятиями ведется учет источников и заполняются типовые формы первичного учета, включающие три журнала:

- учета стационарных источников загрязнения и их характеристик (форма № ПОД-1). Заполняется непосредственно после выполнения измерений по ряду показателей;
- учета выполненных мероприятий по охране атмосферного воздуха (форма № ПОД-2). Заполняется один раз в квартал и служит для текущего учета сроков, объемов и результатов внедрения мероприятий по охране воздушного бассейна;
- учета работы газоочистных и пылеулавливающих установок (форма № ПОД-3). Заполняется ежедневно и служит для учета фактической продолжительности работы газопылеулавливающих установок.

Указанные формы первичного учета Росстата от 11.06.2014 г. признаны недействующими. Вместе с тем предприятия вправе вести учет по данным формам, поскольку ФЗ от 04.05.1998 г. «Об охране

атмосферного воздуха (п. 1 ст. 30) разрешает предприятиям вести учет в любой форме.

Инвентаризация выбросов осуществляется предприятиями не реже одного раза в пять лет.

При проведении инвентаризации выявляются все стационарные и передвижные источники, которые постоянно или временно эксплуатируются, и все загрязняющие вещества, выбрасываемые из этих источников.

При проведении инвентаризации к стационарным источникам выброса загрязняющих веществ относят [6]:

- организованные источники выбросов через специальные технические устройства;
- неорганизованные источники с ненаправленным потоком выброса;
- точечные источники выбросов (организованные источники), из которых загрязняющие вещества поступают в атмосферный воздух из установленного отверстия, например, трубы;
- линейные источники, из которых загрязняющие вещества поступают в атмосферный воздух по установленной линии;
- площадные источники (неорганизованные источники), из которых выбросы поступают в атмосферный воздух с ограниченной поверхности (площади);
- передвижные источники (организованные или неорганизованные) с выбросом загрязняющих веществ ими в процессе передвижения.

Передвижными источниками выбросов предприятия являются транспортные средства, эксплуатируемые на открытом воздухе производственной территории предприятия, а также передвижные компрессорные установки, сварочные посты и др. Выбросы от этих источников учитываются при инвентаризации в местах их хранения и работы. Выбросы от передвижных источников, работающих в закрытых помещениях, подлежат учету в составе выбросов из труб, вентиляционных шахт, дверных и оконных проемов, аэрационных фонарей, через которые загрязняющие вещества от указанных источников поступают в атмосферный воздух [6, с. 10].

2.2. Содержание работ по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Работа по проведению инвентаризации включает несколько этапов [11, п. 3.4; 6, с. 10].

Важным является подготовительный этап. Здесь, в процессе изучения технологических процессов (технологических регламентов, маршрутно-технологических карт, рецептур, паспорта технологического оборудования, очистных установок и др.) устанавливаются источники выделений и источники выбросов загрязняющих веществ, их пространственное расположение.

На следующем этапе проводится обследование источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, в ходе которого выявляются параметры источников и количественные и качественные характеристики выбросов (разовые (г/с) и валовые (т/год) значения), определение которых ведется при регламентных параметрах работы технологического оборудования, систем вентиляции и установок пелегазоочистки. При проведении расчетов разовых и валовых выбросов должна учитываться их нестационарность во времени, поскольку их значения используются для расчета платы за выбросы.

Для определения состава выбросов осуществляется выбор и обоснование необходимых методик. Для источников с организованным выбросом предпочтение отдается инструментальным методам [4]. Инструментальные измерения параметров выбросов проводятся аккредитованными лабораториями в соответствующей области измерений и газоаналитических средств, предназначенных для контроля промышленных выбросов и внесенных в оценке выбросов в случае отсутствия стандартных инструментальных методик. Характеристики выбросов ЗВ в атмосферу при расчетных методах определяются с использованием методик, представленных в перечне [4].

На этом этапе также устанавливаются координаты источников выбросов, и каждому из них присваивается порядковый номер, который, как правило, используется как код-идентификатор, который отмечается на карте-схеме промплощадки предприятия и не может быть изменен при следующей инвентаризации. Здесь также проводится обследование пылегазоочистных установок, оценива-

ется эффективность их работы по данным за предшествующий год, приводится обоснование методик, использованных для определения параметров источников и характеристик выбросов.

Результаты инвентаризации выбросов могут корректироваться, если обнаружатся или возникнут различия между характеристиками выбросов, имеющих место в ходе эксплуатации, и данными последней по времени инвентаризации. Возникновение различий может быть связано с изменениями в технологии, сырье, топливе, появлением новых источников выбросов и др.

При строительстве новых и реконструкции (расширении) существующих предприятий, имеющих стационарные источники выбросов, и введении их в действие обеспечивают проведение инвентаризации выбросов в течение двух лет после ввода объекта в эксплуатацию [6, с. 18].

Инвентаризация выбросов в атмосферный воздух заканчивается анализом достоверности полученных результатов, их соответствия нормативным требованиям и составлением отчета. Отчет, согласно методическому пособию [6], должен включать следующие рекомендуемые разделы:

- общие сведения о предприятии;
- краткое описание технологического процесса;
- характеристика пылегазоочистного оборудования;
- описание выполненных работ с указанием нормативно-методических документов и перечня использованных методик выполнения измерений загрязняющих веществ и расчетного определения выбросов [4, 7];

- приложения 1–7, в которых приводятся карта-схема территории предприятия с источниками выбросов, характеристики источников выбросов, показатели работы пылегазоочистного оборудования, результаты определения выбросов, таблицы и копии необходимых документов.

3. ПРОЦЕСС НОРМИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

3.1. Основные требования к работам по нормированию выбросов загрязняющих веществ

Необходимость нормирования выбросов загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, связана с требованиями статьи 3 Федерального закона «Об охране атмосферного воздуха» № 96 1999 г. [1] и постановления Правительства РФ № 183 2000 г. [3]. В них сформулирован главный приоритет государственного управления в сфере охраны атмосферного воздуха — охрана жизни и здоровья человека и недопустимость необратимых последствий для окружающей среды.

Инструментами регулирования вредных выбросов, согласно ФЗ-96 1999 г., являются технические нормативы выбросов (ТНВ) и предельно допустимые выбросы ПДВ (ВСВ) [1].

Правила установления и методы определения допустимых выбросов загрязняющих веществ определяются требованиями ГОСТ 17.2.3.02–2014 [2] для всех проектируемых и действующих промышленных предприятий. В материалах документа приведены определения используемых нормативов:

- «предельно допустимый выброс (ПДВ) — это норматив, который устанавливается для стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха, с учетом технических нормативов выбросов и фоновое загрязнение, как максимальный выброс, не приводящий к нарушению гигиенических и экологических нор-

мативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы, других национальных экологических нормативов» (п. 2.1);

- «временно согласованный выброс (ВСВ) — это временный лимит выброса загрязняющего вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для действующих стационарных источников выбросов с учетом качества атмосферного воздуха и социально-экономических условий развития соответствующей территории, в целях поэтапного достижения установленного предельно допустимого выброса» (п. 2.2);

- «гигиенический норматив качества атмосферного воздуха (ПДК) — это критерий качества атмосферного воздуха, который отражает предельно допустимое максимальное содержание вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и при котором отсутствует вредное воздействие на здоровье человека» (п. 2.3);

- «экологический норматив качества атмосферного воздуха — это критерий, который отражает предельно допустимое максимальное содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и при котором отсутствует вредное воздействие на окружающую природную среду» (п. 2.4).

Нормирование выбросов загрязняющих веществ и их источников для действующих предприятий ведется по данным инвентаризации, а для вводимых в эксплуатацию новых и реконструируемых предприятий — по материалам проектной документации.

Материалы инвентаризации также используются для выявления источников выбросов и перечней загрязняющих веществ (с использованием показателя опасности выбросов), которые необходимо ставить на государственный учет в соответствии с требованиями приказа Минприроды РФ № 579 2010 г. [12, прил. 1].

В существующей практике нормирование выбросов требует соблюдения санитарно-гигиенических критериев качества атмосферного воздуха для населенных мест. Необходимость учета экологических нормативов при нормировании выбросов предприятия, согласно рекомендациям [6, с. 96], определяется с учетом его

местоположения, состояния и вида экосистемы и зоны влияния выбросов.

Определение нормативов ПДВ загрязняющих веществ ведется с использованием расчетных методов рассеивания их в атмосферном воздухе, в том числе сводных расчетов для территорий городов и других поселений в соответствии с требованием п. 3.3 [2]. Если используются методы сводных расчетов, то для каждого j загрязняющего вещества нормативы ПДВ устанавливаются с соблюдением требования не превышения допустимой концентрации загрязняющего вещества ($C_{прj}^д$) в атмосфере, установленной для предприятия:

$$C_{прj}(x, y) \leq C_{прj}^д(x, y), \quad (3.1)$$

где (x, y) — координаты произвольной точки местности в зоне влияния выбросов;

$C_{прj}^д(x, y)$ — значение квоты концентрации, которая может создаваться выбросами j ЗВ в точке с координатами (x, y) , определенное на основе сводных расчетов загрязнения атмосферы выбросами промышленности и автотранспорта.

Для действующих предприятий выполнение данного условия проверяется вне территорий их санитарно-защитных зон (СЗЗ), а для предприятий, расположенных в зоне сложившейся жилой застройки, — на границе ближайшей жилой застройки и зон массового отдыха населения, на территориях размещения лечебно-профилактических учреждений длительного пребывания больных и центров реабилитации [2]. При этом для действующих хозяйствующих субъектов выполняется оценка достаточности имеющегося размера СЗЗ, при этом корректировка этого размера с учетом розы ветров не производится.

Если в городе система сводных расчетов и определения допустимых квот отсутствует, то проверяется выполнение требования п. 3.3.2 [2] для каждого j загрязняющего вещества:

$$q_{сумj} \equiv q_{прj} + q'_{уфj} \leq 1, \quad (3.2)$$

где

$$q_{\text{пр}j} \equiv \frac{C_{\text{пр}j}}{\text{ПДК}_j} \text{ или } q_{\text{пр}j} \equiv \frac{C_{\text{пр}j}}{10 \cdot \text{ПДК}_{\text{с.с}j}}; \quad (3.3)$$

$$\text{ПДК}_j = \min\{\text{ПДК}_{\text{т}j}, \text{ПДК}_{\text{э}j}\}, \quad (3.4)$$

$$\text{ПДК}_{\text{с.с}j} = \min\{\text{ПДК}_{\text{с.с.т}j}, \text{ПДК}_{\text{с.с.э}j}\}, \quad (3.5)$$

где $q_{\text{сум}j}$ (в долях ПДК) — суммарная концентрация j загрязняющего вещества с учетом его фоновой концентрации;

$q_{\text{пр}j}$ (в долях ПДК) — концентрация загрязняющего вещества, создаваемая выбросами предприятия;

$C_{\text{пр}j}$ (мг/м³) — рассчитанная по установленной методике концентрация j загрязняющего вещества в приземном слое;

$\text{ПДК}_{\text{т}j}$ (мг/м³) — максимально разовая концентрация ($\text{ПДК}_\text{м}$) или ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ);

$\text{ПДК}_{\text{с.с}j}$ (мг/м³) — среднесуточная предельно допустимая концентрация j вещества в воздухе;

$\text{ПДК}_{\text{э}j}$, $\text{ПДК}_{\text{с.с.э}j}$ (мг/м³) — предельно допустимые концентрации (максимально разовая и среднесуточная) j загрязняющего вещества в воздухе для конкретного компонента экосистемы;

$q'_{\text{уф}j}$ (в долях ПДК_т) — фоновая концентрация j загрязняющего вещества, сформированная другими предприятиями, а также передвижными средствами на территориях, за исключением промышленных территорий.

Полученную концентрацию ($q_{\text{сум}j}$) сравнивают с нормативным значением ПДК рассматриваемого вещества. Если условие выполняется, то считают, что нормативы соблюдены. В противном случае делается вывод об их несоблюдении. Для определения концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы производится расчет рассеивания выбросов, а затем строятся карты рассеивания, на которых отображается уменьшение концентрации загрязняющего вещества до 0,05 ПДК.

Повышенные экологические требования предъявляются к территориям для отдыха населения, организаций здравоохранения

с большим сроком пребывания больных, центров реабилитации больных. Для них суммарная концентрация загрязняющего вещества ($q_{\text{сум}}$) не должна превышать 0,8 ПДК согласно требованию п. 2.2 СанПиН [13]. В указанном пункте дается разъяснение, что следует относить к территориям с повышенными экологическими требованиями (от территорий, выделенных в генпланах городов, до мест организованного отдыха).

С учетом изложенного для выполнения экологических требований при нормировании выбросов необходимо выполнение норм:

- для жилых зон — соблюдение 1 ПДК;
- для территорий с повышенными экологическими требованиями (мест отдыха населения и др.) — соблюдение 0,8 ПДК.

Соблюдение этих норм предусматривает учет суммы действия загрязняющих веществ и их трансформации в атмосферном воздухе, а также учет выбросов действующих предприятий, строящихся и намеченных к строительству — требование п. 2.4 [13].

При выполнении работ по нормированию выбросов в атмосферу достаточно проверять выполнение условий (3.1) и (3.2) в зоне влияния рассматриваемого загрязняющего вещества, к которой относится территория, имеющая замкнутую границу. Внутри этой зоны должно выполняться условие п. 3.3.2 [2]:

$$q_{\text{npj}} \leq 0,05 \text{ ПДК.} \quad (3.6)$$

Для определения значения q_{npj} используется методика расчета концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [7]. Если вещество характеризуется только среднесуточными значениями ПДК (ПДК_{с.с.}), то их применение при нормировании определяется по формуле

$$0,1 \cdot C_{\text{м}} \leq \text{ПДК}_{\text{с.с.}}, \quad (3.7)$$

где $C_{\text{м}}$ — величина максимальной разовой концентрации загрязняющего вещества, в долях ПДК.

Для промышленного предприятия нормативы выбросов устанавливаются при работе технологического оборудования и пылегазоочистных установок при регламентной нагрузке и параметрах,

определенных технологическим регламентом. При этом, согласно п. 4.9 [2], «учитывается фактическая наибольшая нагрузка за последние 3 года и возможности ее изменения в период действия устанавливаемых нормативов ПДВ».

Для каждого стационарного источника выбросов и предприятия нормативы ПДВ (ВСВ) устанавливаются:

- величиной максимального разового выброса, г/с;
- величиной валового выброса, т/год.

Максимальное разовое значение выброса загрязняющего вещества характеризует его допустимую массу, выбрасываемую из источника в течение одной секунды, и совокупность одновременно работающих источников предприятия за это же время. Допустимая величина валового выброса ЗВ устанавливается с учетом стационарности работы технологического оборудования и определяется как наибольший допустимый суммарный годовой выброс от всех источников предприятия.

Нормативно-правовые документы [1, 3] требуют использовать технические (технологические) нормативы выбросов (ТНВ) для оценки соответствия применяемых технологий, технологического оборудования, пылегазоочистных установок лучшим достижениям науки и техники в стране и за рубежом. Поэтому в проект нормативов ПДВ вводится новый раздел «Расчет показателей удельных технологических выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух», в котором приводятся результаты их расчетов, выполненных с использованием оценки выбросов и материальных характеристик технологического процесса и его стадий.

Согласно п. 9 [3] (ред. от 10.05.2017 г.), установление ПДВ и ВСВ для стационарного источника выбросов ЗВ и их совокупности осуществляется территориальными органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Соответственно, разрешение на выброс загрязняющих веществ в атмосферу стационарных источников, подлежащих федеральному государственному контролю, дается территориальными органами Ростехнадзора, а не подлежащих такому контролю — разрешениями органов исполнительной власти субъектов РФ, которым предоставлены полномочия в этой области.

При строительстве новых предприятий и реконструкции существующих также проводится оценка выбросов и их воздействия, которая осуществляется в ходе выполнения проектных работ и заканчивается разработкой предложений по нормативам ПДВ. Так же поступают относительно источников, действующих только в период строительства нового или реконструкции существующего производства. Предложения по нормативам ПДВ включаются в состав раздела «Перечень мероприятий по охране окружающей среды» проектной документации [10].

При расчетах рассеивания загрязняющих веществ предприятия в атмосферном воздухе учитываются группы веществ, обладающие однонаправленным вредным воздействием, если все вещества группы содержатся в выбросах. В случае отсутствия какого-либо вещества в группе расчеты не проводятся. Они также не проводятся при содержании этого вещества, равном 0,1 ПДК или менее этой величины в воздухе за пределами промплощадки [9].

Корректировка установленных нормативов ПДВ возможна до истечения срока действия в следующих случаях:

- при замене метода определения выбросов;
- при введении более жестких нормативов качества атмосферного воздуха.

Норматив ПДВ (BCB) считается нарушенным, если:

- значение валового выброса (т/год) больше установленной для него величины;
- значение максимального разового выброса (г/с) из любого ИЗА выше установленных величин;
- не выполняются нормативные ограничения, установленные на значение какого-либо параметра источника загрязнения атмосферы.

Предложения по установлению нормативов ПДВ (BCB) для источников выбросов промышленных предприятий, которые подлежат государственному учету, разрабатываются и включаются в состав проекта нормативов ПДВ предприятия согласно требованию [5], объем и содержание которого определяются категорией предприятия [5, прил. 1].

Установление нормативов выбросов работающего промышленного предприятия ведется определенными этапами:

- проверка материалов инвентаризации на полноту выявления и учета источников выделений и источников выбросов, полноту учета состава загрязняющих веществ выбросов;
- определение источников и загрязняющих веществ, нормирование которых необходимо, составление их перечней;
- обоснование достоверности параметров выбросов и формирование их в таблице установленной формы;
- оценка воздействия выбросов ЗВ на атмосферный воздух и разработка мероприятий по снижению воздействий с последующей оценкой воздействия после их реализации;
- проведение расчетов и разработка предложений по нормативам выбросов для включения их в проект ПДВ (ВСВ);
- разработка плана-графика контроля выполнения предприятием установленных нормативов выбросов и разработка мероприятий по регулированию выбросов при неблагоприятных метеоусловиях;
- на заключительном этапе разработанный проект нормативов ПДВ (ВСВ) подается на утверждение, а после утверждения — на выдачу разрешения на выброс в установленном порядке [3].

3.2. Характеристика и учет параметров выбросов, влияющих на рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере

Задание значения параметра F . На процесс рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере существенное влияние оказывает скорость оседания частиц примесей (пыли) загрязняющих веществ в воздухе под действием сил гравитации. Она учитывается параметром F , значение которого зависит как от скорости оседания пыли, так и от ее дисперсного состава. Дисперсный состав пыли определяется эффективностью работы установки очистки выброса на источнике.

Безразмерному параметру F присваиваются значения согласно прил. 2 [7].

Характеристика влияния высоты источников. Высота источника существенно влияет на формирование концентрации загрязня-

ющего вещества в приземном слое атмосферного воздуха. Поэтому ведется определение минимальной высоты одиночного источника, обеспечивающей соблюдение требуемой концентрации загрязняющего вещества в заданной точке, например, на границе санитарно-защитной зоны или зоны влияния. Однако при этом необходимо учитывать, что достижение значения ПДК за счет увеличения высоты выброса допустимо только после использования современных технических решений для сокращения выбросов загрязняющих веществ.

Характеристика и учет источников выбросов загрязняющих веществ. Источники выбросов отличаются разнообразием и классифицируются по следующим признакам:

- по происхождению делятся на естественные (вулканы, наводнения, сели и т. п.) и техногенные (отопительные системы, промышленность, транспорт и т. п.) источники;
- по характеру происходящих технологических процессов: топочные устройства, печи, сушилки и др.;
- по расположению в пространстве: стационарные и передвижные источники;
- по действию во времени: источники непрерывного действия, прерываемого действия, нерегулярного действия;
- по уровню организации: организованные и неорганизованные;
- по пространственному расположению, согласно ГОСТ 17.2.1.04–77 [14], точечные, линейные и плоские источники, которым ГОСТ 17.2.1.04–77 дает следующие определения: *точечный источник* — источник, выбрасывающий загрязняющие атмосферу вещества из установленного отверстия; *линейный источник* — источник, выбрасывающий загрязняющие атмосферу вещества с установленной линии; *плоский источник* — источник, выбрасывающий загрязняющие атмосферу вещества с установленной площади».

Точечными источниками являются трубы, вентиляционные шахты, крышные вентиляторы, а линейными источниками — аэрационные фонари, технологические линии и близко расположенные источники.

Характеристика и учет выбросов загрязняющих веществ.

Выбросы загрязняющих веществ из источников подразделяются на классы.

Класс 1. *Парогазовые и аэрозольные выбросы.* Выбросы парогазовые состоят из смеси газообразных веществ или жидких взвешенных частиц и делятся на подгруппы:

- выбросы, не содержащие вредных и дисперсных веществ и не подлежащие очистке или по причине отсутствия технических возможностей очистки на текущий момент;
- выбросы, содержащие вредные компоненты и подлежащие обязательной очистке, отрицательное влияние которых не может быть устранено путем рассеивания. Эта категория выбросов встречается крайне редко. В большинстве случаев парогазовыми называют аэрозольные выбросы, где концентрация дисперсной среды пренебрежимо мала.

Выбросы аэрозольные представляют собой смесь газов, содержащих дисперсную фазу, — твердые и (или) жидкие частицы. Эта группа делится:

- на аэрозоли, где улавливанию подлежит только дисперсная фаза, а парогазовая фаза не влияет на работу газоочистных установок;
- на аэрозоли, где улавливанию подлежит также только дисперсная фаза, а дисперсионная среда отрицательно влияет, например, на конструктивные элементы очистных установок;
- на аэрозоли, в которых обе фазы подлежат улавливанию комбинированной очисткой в одну стадию или отдельным удалением газообразных загрязняющих веществ и дисперсной фазы.

Класс 2. *Выбросы технологические, вентиляционные и аспирационные.* Технологические выбросы предусматриваются проектной документацией (продувка технологического оборудования, действующие дыхательные трубы резервуаров, периодически действующие предохранительные клапаны, трубы ТЭЦ и котельных и т. п.). Для них характерно высокое содержание вредных веществ.

Вентиляционные выбросы включают выбросы общеобменной вентиляции и вентиляции местной вытяжной. Выбросам общеобменной вентиляции присущ большой объем и низкое содержание

концентраций загрязняющих веществ. Валовое количество загрязняющих веществ, содержащихся в этих выбросах, в силу большого объема может превышать их содержание в технологических выбросах.

К аспирационным выбросам относятся выбросы загрязняющих веществ от вытяжной местной вентиляции, которые по составу близки к технологическим выбросам.

Класс 3. *Выбросы организованные и неорганизованные.* Отвод выбросов от организованных источников выделения осуществляется трубами, газоходами, воздуховодами к установкам улавливания загрязняющих веществ. Выбросы неорганизованные поступают в атмосферу ненаправленными потоками. Причинами их образования являются нарушения герметичности оборудования, неплотности фланцевых соединений газопроводов, трубопроводов, мест установки запорной и автоматической арматуры, нарушений в работе местных аспирационных систем.

Класс 4. *Нагретые и холодные выбросы.* Эти выбросы различаются по перепаду температур между температурой выброса и температурой окружающей среды.

Выбросы, состоящие из газов, выделяемых ИЗА при сгорании топлива, называются дымовым газом. Наличие какой-либо пыли в газе называется запыленностью газа. Твердые частицы, входящие в состав промышленного выброса, называются промышленной пылью. Промышленная пыль по происхождению подразделяется на виды:

- механическая пыль (пыль дезинтеграции), которая образуется в результате измельчения продуктов, сырья в технологическом процессе;
- возгоны — пыль, образующаяся при охлаждении в процессе конденсации паров веществ выброса;
- летучая зола — пыль, представляющая собой остаток несгоревшего топлива (минеральных примесей), содержащаяся в дымовых газах во взвешенном состоянии;
- промышленная сажа — это пыль твердого высокодисперсного углерода, продукта, образовавшегося в результате неполного сгорания или термического разложения углеводородов в составе выброса.

Пыль характеризуется дисперсным составом — распределением частиц пыли по размерам. Диаметр частиц промышленной пыли разный — в среднем от 0,1 до 100 мкм в зависимости от природы и технологического процесса. С размерами частиц и их плотностью связана скорость их осаждения. Размер частиц определяет светорассеяние или дымность (прозрачность, мутность) выбросов. Из всего количества загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, около 90 % составляют газы, а около 10 % — жидкие и твердые вещества.

Качественные показатели выбросов. Качественные показатели выбросов включают физические, физико-химические, химические, биологические свойства, которые очень разнообразны и зависят от технологического процесса, типа производства. Например, оценка выбросов от отдельного источника производится по следующим показателям:

- объемный расход выбросов ($\text{м}^3/\text{ч}$ или $\text{м}^3/\text{с}$), необходимо знать максимальный, минимальный и средний объем, а также пиковые скачки; эти сведения необходимы, поскольку степень очистки газов в большинстве аппаратов зависит от расхода выбросов;
- температура выбросов и ее возможные колебания (средняя, минимальная, максимальная, пиковые скачки); нижний предел температуры определяет опасность конденсации паров, верхний — опасность деформации и термического разрушения конструктивных элементов;
- температура конденсации паров агрессивных жидкостей;
- химический состав парогазовой и твердой фазы выброса (объемная доля компонентов, %; массовая концентрация, $\text{мг}/\text{м}^3$);
- свойства дисперсной фазы: химический состав и дисперсный состав; истинная и насыпная плотность и др.;
- массовый выброс или массовая концентрация выброса;
- термодинамические параметры: температура, давление, влажность, плотность газа, линейная скорость и поле скоростей.

Эти параметры необходимы для определения объемной скорости (объемного расхода) газопаровых выбросов, для отбора твердых и аэрозольных частиц. Их характеристики, методики определения

и необходимые технические средства приведены в методическом пособии [15].

3.3. Оценка влияния застройки на загрязнение воздуха на территории промплощадки

При движении воздушного потока по территории промплощадки имеет место обтекание им зданий и групп зданий, приводящее к образованию ветровых теней, в которых скорость ветра минимальна при интенсивном турбулентном перемешивании, что приводит к возрастанию в этих зонах содержания загрязняющих веществ.

Проведение расчетов приземных концентраций загрязняющих веществ с учетом застройки проводится в приземном слое воздуха от 0 до 2 м включительно, а также рассчитывается вертикальное распределение концентраций загрязняющих веществ, включая их расчет у стен и крыш зданий.

Для каждого из рассматриваемых источников выбросов сначала без учета застройки определяются максимальная концентрация загрязняющего вещества C_m , расстояние X_m , на котором достигается данная концентрация, и опасная скорость ветра u_m без учета застройки.

Расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ с учетом влияния застройки производится, если здание удалено от источника выброса на расстояние меньше величины X_m , или когда источник расположен на здании или в зонах возможного образования ветровых теней. При этом высота здания должна быть не менее 0,4 высоты источника выброса. Если здание удалено от источника на расстояние большее, чем $0,5 X_m$, и основание источника не размещается в зоне возможного образования ветровой тени, то учет влияния застройки производится тогда, когда высота здания превышает $0,7H$ высоты источника выброса. Не подлежат учету здания и сооружения высотой менее 5 м, а также здания и сооружения, максимальный линейный размер которых по горизонтали не превышает 10 м.

Практическое выполнение расчетов проводится с использованием формул раздела 9 нормативной методики [7].

3.4. Учет трансформации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Загрязняющие вещества, поступающие в атмосферный воздух, могут переходить в более токсичные, для которых установлены более жесткие нормативы ПДК.

При расчете загрязнения атмосферы необходимо учитывать их частичный или полный переход (трансформацию) в более токсичные соединения. Классическим примером такой трансформации является переход оксидов азота NO_x в NO_2 , для которого коэффициент трансформации в выбросах тепловых электростанций и котельных принимается равным 0,8 для максимальных разовых концентраций согласно прил. 5[7].

Уточнение коэффициента трансформации целесообразно уточнять при наличии больших выбросов оксидов азота промышленными предприятиями, находящимися в городах со стационарными постами наблюдений Росгидромета. Основанием для уточнения служит анализ содержания NO_2 в атмосфере города.

3.5. Фоновое загрязнение атмосферы и его учет при нормировании выбросов

Установление нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу конкретным промышленным предприятием невозможно без учета фонового загрязнения воздуха, которое создается выбросами источников, не относящихся к рассматриваемому предприятию. Поэтому все промышленные предприятия должны при разработке нормативов выбросов учитывать фоновую концентрацию для каждого j загрязняющего вещества при выполнении следующего условия:

$$q_{\text{м.пр}j} > 0,1, \quad (3.8)$$

где $q_{\text{м.пр}j}$ (в долях ПДК) — значение максимальной приземной концентрации j загрязняющего вещества, создаваемой предприятием

без учета фоновой концентрации на границе ближайшей жилой застройки, находящейся в зоне влияния выбросов предприятия.

В случае невыполнения данного условия конкретным загрязняющим веществом учет фонового загрязнения при нормировании его выброса не требуется.

Если в выбросах предприятия содержатся вещества с суммирующим вредным воздействием, то расчет с учетом фона выполняется тогда, когда все вещества, входящие в группу суммации, содержатся в выбросах. Учет фонового загрязнения для групп веществ, обладающих эффектом суммации, не требуется, если приземная концентрация вещества, входящего в их состав, не превышает 0,1 ПДК.

Фоновая концентрация приземного слоя воздуха устанавливается органами Росгидромета по данным стационарных постов наблюдения или подфакельными замерами, по которым ведутся экспериментальные наблюдения, и предоставляется по запросу предприятий. В тех случаях, когда по рассматриваемым веществам экспериментальное установление фона отсутствует, фоновое загрязнение определяется сводными расчетами загрязнения атмосферы по данным, запрашиваемым в местных органах Росприроднадзора по охране окружающей среды.

Фоновые концентрации для загрязняющих веществ, по которым данные регулярных наблюдений за состоянием и загрязнением атмосферного воздуха отсутствуют или по объему и качеству не соответствуют требованиям нормативных документов Росгидромета, при наличии данных инвентаризации выбросов могут быть рассчитаны с использованием формул нормативного документа [7]. При этом необходимо в расчете учитывать не менее 95 % суммарных выбросов от источников, которые расположены на рассматриваемой территории или зона влияния которых пересекается с рассматриваемой территорией.

При расчетах разовых и среднегодовых концентраций загрязняющих веществ используются фоновые концентрации, разовые $C_{\text{фр}}$ и среднегодовые $C_{\text{фг}}$, которые соответствуют времени осреднения от 20 до 30 мин и 1 год.

При расчетах для действующих и реконструируемых источников используются фоновые концентрации $3B$ $C'_{\text{фр}}$ и $C'_{\text{фг}}$, представляю-

шие из себя фоновые концентрации C_{ϕ} , из которых исключен вклад рассматриваемого источника. Для вновь строящегося источника как максимальные разовые, так и среднегодовые фоновые концентрации загрязняющих веществ устанавливаются с использованием соотношений:

$$C'_{\text{фр}} = C_{\phi};$$

$$C'_{\text{фг}} = C_{\phi}.$$

Для реконструируемого источника выброса или группы источников действующего предприятия, который является единственным источником рассматриваемого загрязняющего вещества в городе, за фоновую концентрацию C_{ϕ} принимается вклад в суммарную концентрацию C источников предприятия, которые не подвергаются реконструкции и выбрасывают данное загрязняющее вещество.

Расчетный учет фоновых источников выбросов рассматриваемого загрязняющего вещества (группы веществ комбинированного вредного действия) можно производить следующими способами:

- первый способ предусматривает совместный расчет распределения суммарной концентрации от рассматриваемых и других существующих и проектируемых источников выбросов конкретного загрязняющего вещества (данной группы) и применяется при непосредственном проведении расчетов рассеивания выбросов для источников конкретных предприятий;

- второй способ предусматривает использование в качестве C_{ϕ} расчетной фоновой концентрации конкретного загрязняющего вещества (данной группы), вычисленной для совокупности фоновых источников города по параметрам выброса, полученным при инвентаризации выбросов. Он применяется при определении фоновой концентрации загрязняющих веществ для городов и промышленных районов при проведении расчетов рассеивания выбросов для различных предприятий города.

Определение максимальных разовых фоновых концентраций $C_{\text{фр}}$ и $C'_{\text{фр}}$ проводят следующим образом:

- концентрация $C_{\text{фр}}$, мг/м³, устанавливается по данным регулярных наблюдений как уровень концентраций, превышаемый в 5 % наблюдений за разовыми концентрациями загрязняющего вещества;
- концентрация загрязняющего вещества $C'_{\text{фр}}$, представляющая из себя фоновую концентрацию $C_{\text{фр}}$, из которой исключен вклад рассматриваемых источников, вычисляется по формулам методики [7]:

$$\text{при } C \leq 2 \cdot C_{\text{фр}} \quad C'_{\text{фр}} = C_{\text{фр}} \left(1 - 0,4 \frac{C}{C_{\text{фр}}} \right), \quad (3.9)$$

$$C'_{\text{фр}} = 0,2 \cdot C_{\text{фр}}. \quad (3.10)$$

где C — максимальная расчетная концентрация загрязняющего вещества от данных источников при параметрах выброса, относящихся к периоду времени, при котором определялась фоновая концентрация $C_{\text{ф}}$. Концентрация загрязняющего вещества C определяется в точке размещения поста, для которого устанавливалась $C_{\text{ф}}$.

Среднегодовые фоновые концентрации $C_{\text{фг}}$ и $C'_{\text{фг}}$ определяют по данным наблюдений как среднегодовая концентрация ЗВ, создаваемая всеми источниками выбросов, и расчетным путем по формулам раздела 10 методики [7].

При расчетах для действующих или реконструируемых источников используется среднегодовая фоновая концентрация $C'_{\text{фг}}$, представляющая из себя концентрацию $C_{\text{фг}}$, из которой исключен вклад рассматриваемого источника или группы источников. Значение $C'_{\text{фг}}$ вычисляется по формулам:

$$\text{при } C_{\text{г}} \leq 0,8 \quad C'_{\text{фг}} = C_{\text{фг}} - C_{\text{г}} \quad (3.11)$$

$$\text{при } C_{\text{г}} > 0,8 \quad C'_{\text{фг}} = 0,2 \cdot C_{\text{фг}} \quad (3.12)$$

где $C_{\text{г}}$ — среднегодовая концентрация ЗВ.

Определение фоновых концентраций по данным инвентаризации выбросов проводится следующим образом.

Максимальная разовая фоновая концентрация ЗВ определяется по формуле

$$C_{\text{фр}} = 0,4 \cdot C, \quad (3.13)$$

где C — максимальная расчетная концентрация загрязняющего вещества от данного источника, определенная при параметрах выброса, полученных по данным инвентаризации.

Далее производится осреднение $C_{\text{фр}}$ по территории и выделение градаций скорости и направления ветра согласно нормативным методикам определения фоновой концентрации. При наличии детальной информации об источнике выброса, в том числе о режимах изменения выбросов во времени, допускается проводить расчет максимальных разовых фоновых концентраций с использованием формул прил. Г методического документа [7].

Расчет среднегодовой фоновой концентрации $C'_{\text{ф}}$ загрязняющих веществ по данным инвентаризации выбросов производится по формулам раздела 10 с учетом положений, приведенных в п. 11.9, 11.11 [7].

4. РАСЧЕТЫ РАССЕЙВАНИЯ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРЕ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО НОРМАТИВАМ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ВЫБРОСОВ

Расчеты рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере проводятся с использованием:

- унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА), реализующей положения методики, утвержденной в установленном порядке;
- метеорологических характеристик и коэффициентов, определяющих условия рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере в районе расположения предприятия (значения коэффициентов A и η , которые выбираются в соответствии с разделом 5.2 и прил. 2 [7]);
- местоположения выбранных расчетных точек на ближайшей жилой застройке, границе СЗЗ и территорий, к которым предъявляются повышенные экологические требования согласно [19];
- значений допустимых вкладов выбросов в загрязнение воздушного бассейна ($C_{прj}$) (при наличии в городе системы сводных расчетов загрязнения атмосферы);
- данных о фоновой концентрации для загрязняющих веществ, по которым ведутся регулярные наблюдения за их содержанием в приземном слое атмосферы; данные запрашивают в местных органах и Росгидромете [9];
- данных о фоновой концентрации по остальным загрязняющим веществам, содержащимся в выбросах предприятия, для которого устанавливаются нормативы выбросов, и по контролируемым Росгидрометом веществам в случаях, когда не выполняются условия, необходимые для определения значений фона [19];

- данных о метеорологическом режиме местности, которые запрашиваются в органах Росгидромета или определяются по соответствующим климатологическим справочникам и пособиям;
- данных о повторяемости направлений ветра по восьмирумовой розе ветров;
- данных о планировке прилегающих территорий и особенностях местности, которые при необходимости запрашиваются в местных органах Госархитектуры;
- данных, необходимых для привязки источников загрязнения атмосферы предприятия к местной системе координат, запрашиваемых в территориальных органах Росприроднадзора или в органах по охране окружающей среды администрации города.

При проведении расчетов рассеивания выбросов загрязняющих веществ на первом этапе проводится оценка целесообразности выполнения детальных расчетов. Решение о необходимости проведения детальных расчетов загрязнения атмосферы принимается с использованием следующего условия:

$$\Sigma \frac{C_{mj}}{\text{ПДК}} \leq \xi,$$

где ΣC_{mj} — сумма максимальных концентраций j загрязняющего вещества от совокупности источников предприятия, мг/м³;

ξ — коэффициент целесообразности расчета (в долях ПДК) [6].

Количественная оценка коэффициента целесообразности, согласно рекомендациям пособия НИИ «Атмосфера» [6, п. 3.1.1], позволяет определить загрязняющие вещества, для которых нет необходимости выполнять детальные расчеты, если условие выполняется.

Кроме того, количественная оценка коэффициента ξ позволяет определить перечень веществ, для которых необходимо учитывать фоновое загрязнение атмосферы, а также установить группы веществ с комбинированным вредным действием, по которым не требуется проводить расчеты загрязнения атмосферы.

По результатам оценок целесообразности организуются детальные расчеты загрязнения атмосферы.

Для проведения детальных расчетов задаются размеры расчетного прямоугольника и шаг расчетной сетки. Размеры расчетного прямоугольника выбираются таким образом, чтобы изолинии концентраций 0,05 ПДК, характеризующие зону влияния выбросов хозяйствующего субъекта, не выходили за границу этого прямоугольника.

Шаг расчетной сетки не должен быть больше размера СЗЗ или расстояния до ближайшей жилой застройки (в случаях, когда жилые дома расположены внутри этой СЗЗ).

Расчеты загрязнения атмосферного воздуха, проводимые по УПРЗА, являются обоснованием для нормирования выбросов, которое осуществляется на основе сопоставления с 1 ПДК или в необходимых случаях с 0,8 ПДК максимальных концентраций загрязняющих веществ в зоне влияния предприятия.

Для выявления загрязняющих веществ с превышением действующих критериев качества атмосферного воздуха и формируется план мероприятий по снижению их негативного воздействия на атмосферный воздух. Оценка достаточности мероприятий ведется с учетом перспективы развития производств и выполнения необходимых расчетов загрязнения атмосферы.

Соответствие выбросов имеющихся и планируемых к внедрению технологий и оборудования экологическим требованиям оценивается с использованием показателей удельных технологических нормативов.

После выполнения всех детальных расчетов формируются предложения по нормативам ПДВ (BCB).

5. САНИТАРНО-ЗАЩИТНАЯ ЗОНА И ЕЕ УСТАНОВЛЕНИЕ

5.1. Нормативные требования к установлению санитарно-защитной зоны

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) — это специальная территория, создаваемая вокруг промышленных объектов и производств с целью снижения химического, биологического и физического воздействий на воздушную атмосферу. Уменьшение воздействий для предприятий необходимо обеспечить, согласно п. 2.1 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03 [9], до значений санитарно-гигиенических нормативов (ПДК_{м.р} и ПДК_{с.с.}), а для предприятий I и II класса опасности дополнительно к этому требованию — до величин приемлемого риска для здоровья человека.

К источникам воздействия на экосистему и человека относятся предприятия и производства, которые за пределами промышленной площадки создают уровни загрязнения, превышающие 0,1 ПДК, согласно п. 1.2 [9], и для которых разрабатывается проект обоснования размера санитарно-защитной зоны. При разработке проекта обосновывается размер СЗЗ: расчетный, выполненный с учетом рассеивания химического загрязнения атмосферного воздуха и физического воздействия (шум, вибрация, ЭМП и др.), и окончательно установленный с помощью результатов натурных измерений для подтверждения расчетных параметров. Поэтому сначала разрабатывается предварительный (расчетный) размер СЗЗ, основанный на проведении расчетов рассеивания вредных веществ и физиче-

ского воздействия на атмосферный воздух, а затем устанавливается окончательный размер СЗЗ на основании результатов натурных наблюдений и измерений для подтверждения расчетных параметров.

Ориентировочный размер СЗЗ, установленный санитарной классификацией, должен быть обоснован проектом с расчетами ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха (с учетом фона) и уровней физического воздействия на атмосферный воздух и подтвержден результатами натурных исследований и измерений.

Концентрация загрязняющих веществ в воздухе на внешней границе и за границей не должна превышать значения гигиенических нормативов — предельно допустимых концентраций.

Для групп промышленных предприятий единая расчетная и окончательно установленная СЗЗ определяются с учетом суммарных выбросов от всех источников, располагающихся в зоне.

При расположении промышленных предприятий в городах использование ориентировочных размеров СЗЗ практически невозможно и дается расчетная оценка фактической СЗЗ. В случае ее недостаточности предусматриваются мероприятия по достижению ПДВ и расчетами проверяется их достаточность.

Необходимость обоснования ориентировочного размера санитарно-защитной зоны расчетами ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха с учетом фона регламентирована требованиями санитарных правил. Расчеты ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха по формулам, приведенным в методах [7], необходимо проводить для загрязняющих веществ и групп веществ комбинированного вредного действия для объектов, которые являются источником воздействия на среду обитания и здоровье человека.

По загрязняющим веществам, для которых установлены значения максимальных разовых, среднесуточных и среднегодовых ПДК, расчетные концентрации сопоставляются с ПДК, с тем же временем осреднения. Для веществ, по которым среднегодовые ПДК не установлены, расчетные максимальные разовые концентрации сопоставляются с максимальными разовыми ПДК, а расчетные среднегодовые концентрации сопоставляются со среднесуточными ПДК. Для загрязняющих веществ, по которым установлены только

среднесуточные ПДК, проводится лишь расчет среднегодовых концентраций, которые сопоставляются со среднесуточными ПДК.

Для каждого загрязняющего вещества и группы веществ комбинированного вредного действия по результатам расчетов, проведенных при соответствующих временах осреднения, определяется предварительное положение границы, на которой должны соблюдаться установленные гигиенические нормативы. Окончательная расчетная граница санитарно-защитной зоны определяется как огибающая всех предварительных границ.

Расчетный размер санитарно-защитной зоны для предприятий I и II класса опасности может быть изменен Главным государственным санитарным врачом РФ или его заместителем и для предприятий III, IV, V класса опасности — Главным государственным санитарным врачом субъекта РФ или его заместителем.

5.2. Проектирование и установление размера и границ санитарно-защитной зоны

Размер и границы СЗЗ для промышленного предприятия, выбросы загрязняющих веществ которого преимущественно приводят к химическому загрязнению атмосферы, определяются при разработке ее проекта.

Размер санитарно-защитной зоны устанавливается от границы территории промплощадки:

- от организованных и неорганизованных источников при наличии технологического оборудования на открытых площадках;
 - в случае организации производства с источниками, рассредоточенными по территории промплощадки;
 - при наличии наземных и низких источников, холодных выбросов средней высоты [9, п. 3.4];
- от источников выбросов:
- при наличии высоких, средних источников нагретых выбросов» в соответствии с п. 3.4 СанПиН [9].

Размещение промышленного предприятия (источника загрязнения) не разрешается на территории, если ее показатели фона

превышают значения предельно допустимых концентраций. Проведение реконструкции или перепрофилирование действующих предприятий допускается при снижении воздействий до предельно допустимой концентрации.

При несовпадении размеров санитарно-защитной зоны, полученных расчетом и на основании оценки риска (для предприятий I–II класса опасности), ее размер принимается по наиболее безопасному варианту для здоровья населения.

В зависимости от их мощности, условий эксплуатации, характера и количества выбросов в окружающую среду загрязняющих веществ, для промышленных предприятий, в соответствии с санитарной классификацией промышленных объектов и производств, «установлены следующие ориентировочные размеры санитарно-защитных зон:

- промышленные объекты и производства I класса — 1 000 м;
- промышленные объекты и производства II класса — 500 м;
- промышленные объекты и производства III класса — 300 м;
- промышленные объекты и производства IV класса — 100 м;
- промышленные объекты и производства V класса — 50 м»

[9, п. 3.7].

В составе проекта санитарно-защитной зоны должны быть определены:

- размер и границы санитарно-защитной зоны;
- мероприятия по защите населения от воздействия выбросов вредных химических примесей в атмосферный воздух;
- зонирование и режим использования территории зоны.

Для проектируемых, реконструируемых и действующих предприятий размеры СЗЗ устанавливаются с учетом санитарной классификации, проведением расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере по установленным методикам и оценкой риска для здоровья населения для предприятий I и II класса опасности (расчетный размер СЗЗ).

Для групп промышленных предприятий проектируется единая расчетная СЗЗ на основе суммирования их выбросов, которая после подтверждения натурными измерениями расчетных параметров

и оценки риска для здоровья населения устанавливается окончательно.

Проект СЗЗ также разрабатывается для реконструируемых предприятий и предприятий, осуществляющих техническое перевооружение. После ввода объектов в эксплуатацию натурными исследованиями атмосферного воздуха необходимо подтвердить расчетные параметры СЗЗ.

Санитарно-защитная зона предприятия наносится на ситуационный план местности в ходе оформления проекта нормативов ПДВ загрязняющих веществ в атмосферу.

Установление, изменение размеров установленных санитарно-защитных зон для предприятий I и II класса опасности осуществляется Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации на основании предварительного заключения Управления Роспотребнадзора по субъекту Российской Федерации, а также СанПиН, материалов по экспертизе, оценке риска и других обосновывающих материалов.

Для промышленных объектов III, IV и V класса опасности размеры СЗЗ могут быть установлены, изменены по решению и заключению Главного государственного санитарного врача субъекта Российской Федерации или его заместителя на основании СанПиН, материалов по экспертизе и других обосновывающих материалов.

Для промышленных предприятий, не входящих в санитарную классификацию и не имеющих аналогов, размер СЗЗ устанавливается Главным государственным санитарным врачом РФ, если согласно расчетам загрязнения атмосферы они относятся к объектам I и II класса опасности, в остальных случаях — Главным государственным санитарным врачом субъекта РФ.

5.3. Организация территории санитарно-защитной зоны

Санитарно-защитная зона крупных промышленных предприятий занимает достаточно большую территорию, режим использования которой определяется положениями п. 5 СанПиН [9].

Не допускается размещать в санитарно-защитной зоне промышленных предприятий и производств «жилую застройку, включая отдельные жилые дома, ландшафтно-рекреационные зоны, зоны отдыха, территории курортов, санаториев и домов отдыха, территорий садоводческих товариществ и коттеджной застройки, коллективных или индивидуальных дачных и садово-огородных участков, а также других территорий с нормируемыми показателями качества среды обитания; спортивные сооружения, детские площадки, образовательные и детские учреждения, лечебно-профилактические и оздоровительные учреждения общего пользования» [9, п. 5.1].

В границах СЗЗ промышленных предприятий и производств допускается размещать следующие объекты и предприятия: «объекты по производству лекарственных веществ, лекарственных средств и (или) лекарственных форм, склады сырья и полупродуктов для фармацевтических предприятий; объекты пищевых отраслей промышленности, оптовые склады продовольственного сырья и пищевых продуктов, комплексы водопроводных сооружений для подготовки и хранения питьевой воды, которые могут повлиять на качество продукции» [9, п. 5.3].

Санитарно-защитная зона не может использоваться для расширения промышленной или жилой территории без обоснования и корректировки границ зоны.

6. УЧЕТ ЗАЛПОВЫХ И АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ

Учет залповых выбросов. Залповый выброс — это кратковременный выброс большого количества горючих, взрывоопасных, токсичных веществ в атмосферу при аварийной разгерметизации оборудования или при предусмотренном технологическими регламентами выбросе на отдельных стадиях производственных процессов.

Отношение максимальных разовых выбросов (г/с) при залповой и штатной ситуациях может изменяться от 3,0 до 2 000–3 000 [6, с. 141].

Валовые выбросы (т/г) за счет залповых выбросов увеличиваются не так значительно в силу небольшой продолжительности и периодичности.

Поэтому при определении залповых выбросов необходимо использовать материалы инвентаризации выбросов, материалы для установления технических нормативов и технологические регламенты технологического оборудования.

Если залповые выбросы имеют место, то расчеты загрязнения атмосферы проводятся для ситуаций с учетом залповых выбросов и без их учета.

Расчеты с учетом выбросов преследуют определение возможных уровней приземных концентраций, которые могут формироваться в период времени, соизмеримый с временем действия залпового выброса. Однако, «как показывает практика работ по нормированию выбросов, реальность снижения залповых выбросов незначительна»

[6, с. 141]. Поэтому проводится расчет загрязнения атмосферы выбросами от всех источников предприятия при наиболее неблагоприятных режимах работы технологического и очистного оборудования с учетом нестационарности работы во времени.

В этой ситуации при залповых выбросах для каждого вредного вещества устанавливаются нормативы ПДВ (ВСВ), которые были определены при выполнении основного расчета загрязнения атмосферного воздуха.

Учет аварийных выбросов. Проектная документация технологических процессов промышленных предприятий предусматривает безаварийную работу технологического и вспомогательного оборудования и не предусматривает аварийных выбросов.

Возникновение аварийных ситуаций может быть вызвано разными причинами, например, отклонение параметров технологического процесса от регламентных пределов, негерметичность оборудования и трубопроводов, неисправность заземления оборудования.

Поэтому проектная документация должна содержать сведения о возможных причинах возникновения аварийных ситуаций и мероприятиях по профилактике и предотвращению аварийных ситуаций и оценке возможного ущерба [10, 17].

7. КОНТРОЛЬ ПО СОБЛЮДЕНИЮ НОРМАТИВОВ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Контроль за соблюдением установленных нормативов ПДВ (ВСВ) ведется как самим предприятием (производственный контроль), так и государственными органами в области охраны окружающей среды (Госсанэпиднадзор, Государственная инспекция по охране атмосферного воздуха, Минприроды) (статьи 24 и 25 Федерального закона).

Контроль за соблюдением нормативов ПДВ (ВСВ) предприятия, подлежащих государственному учету и нормированию, проводится:

- непосредственно на источниках с организованным выбросом (производственный контроль);
- на границе санитарно-защитной зоны или в жилой зоне населенного пункта (государственный контроль на источниках с неорганизованным выбросом и для некоторых источников с организованным выбросом, например, факельных установок для сжигания попутного нефтяного или природного газа).

При проведении контроля необходимо использовать прямые методы для определения концентрации вредных веществ и объемов газозооушной смеси. В отсутствие возможности применения прямых методов, а также проверки достоверности прямых измерений необходимо использовать балансовые и другие методы.

Организация контроля предусматривает определение категории каждого i источника и каждого j загрязняющего вещества, выбрасываемого этим источником.

Поскольку уровни воздействия на воздух каждого из веществ, входящих в состав выброса источника, могут существенно различаться, то и объем работ по контролю за нормативами выбросов должен быть разным.

Определение категории выбросов ведется с использованием расчетных параметров Φ_{ij} и Q_{ij} , которые отражают влияние выброса j вещества i источника выбросов на загрязнение воздуха территорий в районе расположения предприятия по формулам:

$$\Phi_{ij} = \frac{M_{ij}}{H_i \cdot \text{ПДК}_j} \cdot \frac{100}{100 - \text{КПД}_{ij}}; \quad (7.1)$$

$$Q_{ij} = q_{ij} \cdot \frac{100}{100 - \text{КПД}_{ij}}, \quad (7.2)$$

где M_{ij} — величина выброса j загрязняющего вещества i источника, г/с;

ПДК_j — максимальная разовая предельно допустимая концентрация, мг/м³;

Q_{ij} (в долях ПДК) — максимальная по метеоусловиям (скоростям и направлениям ветра) расчетная приземная концентрация данного j вещества, создаваемая выбросом из рассматриваемого i источника на границе СЗЗ или ближайшей жилой застройки, в долях ПДК;

КПД_{ij} — средний эксплуатационный коэффициент полезного действия пылегазоочистного оборудования, установленного на i источнике при улавливании j загрязняющего вещества;

H_i — высота источника, м.

Для источников выбросов высотой < 10 м можно принимать $H_i = 10$ м.

Средний эксплуатационный коэффициент полезного действия пылегазоочистного оборудования рассчитывается по формуле

$$\text{КПД} = (K_1 \cdot T_1 + K_2 \cdot T_2 + \dots + K_N \cdot T_N) / T_r, \quad (7.3)$$

где K_1, K_2 — степень очистки на временном интервале $T_1, T_2 \dots T_N$;

T_r — время работы газоочистной установки, ч.

При установлении периодичности контроля используются I, II, III категории, которые делятся на подкатегории с делением I категории на IA, IB и II категории — на подкатегории IIA, IIB. Отнесение к категории «источник — вредное вещество» выполняется, исходя из условий одновременного выполнения неравенств.

I и II категории — одновременно выполняются неравенства и разработаны мероприятия по сокращению выбросов:

I категория

IA $\Phi_{ij} > 5$ и $Q_{ij} \geq 0,5$;

IB $0,001 \leq \Phi_{ij} \leq 5$ и $Q_{ij} \geq 0,5$;

II категория

IIA $\Phi_{ij} > 5$ и $Q_{ij} < 0,5$;

IIB $0,001 \leq \Phi_{ij} \leq 5$ и $Q_{ij} < 0,5$;

III и IV категории — если одновременно выполняются неравенства, то за норматив ПДВ принимается значение выброса на существующее положение:

III категория

IIIA $\Phi_{ij} > 5$ и $Q_{ij} < 0,5$;

IIIB $0,001 \leq \Phi_{ij} \leq 5$ и $Q_{ij} < 0,5$;

IV категория

$\Phi_{ij} < 0,001$ и $Q_{ij} < 0,5$.

Далее с учетом установленной категории сочетания принимается следующая периодичность контроля за соблюдением нормативов ПДВ (BCB):

I категория

IA — 1 раз в месяц;

IB — 1 раз в квартал;

II категория

IIA — 1 раз в квартал;

IIB — 2 раза в год;

III категория

IIIA — 2 раза в год;

IIIB — 1 раз в год;

IV категория — 1 раз в 5 лет.

Необходимость введения множителя $100/(100 - \text{КПД})$ в формулы для расчета параметров Φ_{ij} и Q_{ij} вызвана необходимостью учета

выбросов крупных источников, оснащенных пылегазоочистными установками, во время их внеплановых остановок.

Контроль за соблюдением нормативов ПДВ (ВСВ) осуществляется по составленному плану-графику по форме табл. 3.1, приведенной в методическом пособии [6]. Проведение контроля необходимо вести с использованием методик, использованных для установления выбросов, а в случае расчетных методов — контролировать основные параметры формул.

Если в ходе контроля приземных концентраций загрязняющих веществ в воздухе жилой застройки или вне территории СЗЗ преобладающий вклад вносят выбросы неорганизованных источников или совокупности мелких источников, контроль выбросов которых затруднен, то наблюдение за соблюдением нормативов ПДВ (ВСВ) по этим веществам для предприятий I и II категорий проводится на специально выбранных контрольных точках или с помощью «подфакельных» наблюдений [18]. Для этого вида контроля периодичность измерений также определяется категорией «источник — вещество».

Такой вид контроля рекомендуется для веществ, расчетные оценки приземных концентраций которых одновременно соответствуют следующим условиям: «максимальные расчетные концентрации таких вредных веществ (с учетом фона), создаваемые выбросами хозяйствующего субъекта в зонах жилой застройки, превышают 0,8 ПДК», а «вклад неорганизованных выбросов рассматриваемого предприятия $q_{\text{неорг}}$ в концентрации $q_{\text{ж}}$ в точках зоны превышения уровня 0,5 ПДК в жилой застройке, составляет не менее 50 %» согласно п. 3.4 [6]. При выполнении условий выбираются несколько контрольных точек, уровни концентраций в которых характеризуют максимальное воздействие источника или группы источников на атмосферный воздух.

План-график этого вида контроля ПДВ (ВСВ) составляется по результатам измерений концентраций в атмосферном воздухе по форме табл. 3.2 методического пособия [6].

Предприятие, план-график контроля ПДВ (ВСВ) которого согласован в установленном порядке, может использовать результаты контроля при заполнении формы статистической отчетности № 2-тп (воздух).

8. МЕРОПРИЯТИЯ ПО РЕГУЛИРОВАНИЮ ВЫБРОСОВ ПРИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЯХ

На государственные органы власти субъектов РФ и органы местного самоуправления в соответствии со статьей 24 Федерального закона № 96-ФЗ [1] возложена организация работ по регулированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в периоды наступления неблагоприятных метеоусловий.

Мероприятия по регулированию выбросов разрабатываются на случай наступления неблагоприятных метеоусловий (НМУ) для рассеивания вредных выбросов. Наступление НМУ связано с образованием приподнятых инверсий (выше устья источников) в сочетании с малыми скоростями ветров, ведущих к возрастанию концентрации загрязняющих веществ в приземном слое воздуха, что делает необходимым проведение мероприятий по их сокращению (регулированию выбросов).

Предупреждения трех степеней об ожидаемом росте уровня загрязнения атмосферы и соответствующие им три режима регулирования работы предприятий разрабатываются в подразделениях Росгидромета согласно документам [19]. Эффективность мероприятий по регулированию выбросов оценивается с использованием количественных показателей выбросов и по расчетным концентрациям загрязняющих веществ в воздухе.

Научно-исследовательским институтом «Атмосфера» разработаны рекомендации по разработке плана мероприятий по регулированию выбросов, которые многолетней практикой использования

доказали свою состоятельность и позволили сократить объемы работ на этой стадии разработки проекта нормативов ПДВ.

При предсказании повышения концентраций в 1,5 раза составляется предупреждение 1-й степени, от 3 до 5 ПДК — 2-й степени, а при предсказании превышения свыше 5 ПДК — 3-й степени. Предприятие в зависимости от степени предупреждения переводится на работу по соответствующему режиму.

Регулирование выбросов 1-го режима осуществляется организационно-техническими мероприятиями эффективностью в 15 %, не требующими значительных финансовых затрат и снижения производительности предприятия.

В состав мероприятий по регулированию 2-го и 3-го режимов входят источники и вредные вещества, значимые для снижения загрязнения атмосферы на границе ближайшей жилой застройки. Их эффективность определяется пропорционально сокращению разовых выбросов (г/с).

Сокращение выбросов по 2-му режиму должно составлять в дополнение к 1-му режиму не менее 20 %, при 3-м режиме — не менее 40 %.

Эффективность регулирования выбросов по 2-му и 3-му режимам рассчитывается по формулам:

$$\mathcal{E}_2 = \frac{\Delta M_2}{M} \cdot 100; \quad (8.1)$$

$$\mathcal{E}_3 = \frac{\Delta M_3}{M} \cdot 100, \quad (8.2)$$

где M (г/с) — выброс без проведения мероприятий;

ΔM_2 (г/с) — уменьшение выбросов при 2-м режиме по сравнению с выбросом без проведения мероприятий;

ΔM_3 (г/с) — уменьшение выбросов при 3-м режиме по сравнению с выбросом без проведения мероприятий.

Мероприятия по регулированию выбросов разрабатываются для предприятий 1-й категории, оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду, и 2-й категории, оказывающих умеренное воздействие на окружающую среду.

При составлении мероприятий по регулированию выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях (НМУ) особое внимание следует уделить оценкам их эффективности. Для этого необходимо предусматривать производственный контроль на источниках, выбросы которых подлежат регулированию, и при необходимости контроль за содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в районе жилой застройки.

При наступлении НМУ следует проводить контроль за реализацией намеченных мероприятий по регулированию выбросов с периодичностью каждые 2–3 часа в течение периода НМУ при получении предупреждений 2-й и 3-й степени. При получении предупреждений 1-й степени достаточен производственный контроль с периодичностью 1–2 раза в течение периода НМУ.

9. УДЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» установил для регулирования качества атмосферного воздуха норматив предельно допустимого выброса и технический норматив выброса загрязняющих веществ [1, ст. 12].

Технические нормативы выбросов устанавливаются техническими регламентами, которые разрабатываются и утверждаются Министерством природных ресурсов и экологии РФ [3, п. 4]. Основанием для их разработки послужат разрабатываемые справочники наилучших технологий по отраслям и видам деятельности, содержащие информацию об удельных показателях выбросов загрязняющих веществ, которые будут использоваться для оценки соответствия технологических процессов и оборудования передовому научно-техническому уровню в стране и за рубежом. Следовательно, промышленные предприятия должны будут сравнивать значения удельных технологических выбросов своего производства с показателями, установленными в справочниках для технологий и оборудования, соответствующего передовому научно-техническому уровню. Результаты этого сравнения будут использоваться для обоснования необходимости и целесообразности модернизации производств для снижения техногенной нагрузки на окружающую среду.

Научно-исследовательский институт «Атмосфера» считает, что разработка удельных технологических выбросов для предприятий будет связана с потребностью уточнения следующих обстоятельств:

- «выбор веществ, для которых в первую очередь целесообразно определять значения удельных технологических выбросов;
- классификация источников выбросов загрязняющих веществ, в том числе, в зависимости от связи массы выбросов загрязняющих веществ из них с количеством произведенной продукции;
- определение нормирующих показателей, к которым следует относить выбросы загрязняющих веществ» [6, с. 161].

При выборе веществ, наиболее сильно влияющих на степень загрязнения атмосферного воздуха, которые создают концентрации, превышающие 0,5 ПДК за границей СЗЗ, одновременно определяются и их источники выбросов. Загрязняющие вещества, создающие максимальные концентрации менее 0,1 ПДК за пределами промышленной площадки, не относятся к веществам, воздействующим на природную среду и здоровье человека.

При классификации источников выбросов загрязняющих веществ следует учитывать непропорциональность их выброса выпуску конечной продукции. В этом плане необходимо выявление адекватных зависимостей изменения выброса от количества выпускаемой продукции, что обеспечит достоверность расчета удельных технологических выбросов.

В качестве нормирующего показателя для установления технологических нормативов служит годовое производство товарной продукции предприятия. Если невозможно определить четкую зависимость количества выбросов от времени работы соответствующего оборудования, то в качестве нормирующего показателя может служить время работы оборудования (источника выброса).

Удельные технологические выбросы загрязняющих веществ для основных производств рассчитываются по формулам (9.1) или (9.2):

$$m_{ij}^n = M_{6ij} / \Pi_6 \cdot 10^3, \text{ кг/т продукции,} \quad (9.1)$$

где M_{6ij} — базовое значение валового выброса j -го вещества из i -го источника выбросов, определенное при проведении инвентаризации, т/г;

Π_0 — базовый объем продукции, выпущенной за рассматриваемый период, т/год;

$$m_{6ij}^T = M_{6ij} / T_{6ij} \cdot 10^3, \text{ кг/ч}, \quad (9.2)$$

где T_{6i} — время работы оборудования (i -го источника выбросов), принятое за базовое время, ч/год.

10. ОСНОВЫ ДЕТАЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

10.1. Характеристика процессов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

На процесс рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе влияет целый ряд факторов:

- устойчивость атмосферы;
- характер расположения предприятий на местности и ее рельеф;
- высота и размеры производственных зданий, их размеры и высота;
- диаметр устья и высота источника выброса (трубы);
- температура и плотность выброса;
- агрегатное состояние загрязняющих веществ и др.

Рассеивание загрязняющих веществ в атмосфере зависит также от метеорологических факторов:

- скорости и направления ветра;
- наличия и вида инверсий;
- температурной стратификации;
- влажности воздуха;
- атмосферного давления;
- штилей, осадков, туманов и др.

Изменение метеоусловий в слое воздуха высотой 50–250 м над поверхностью земли особенно сильно влияет на рассеивание выбросов в атмосферном воздухе.

Перемещение факела выброса в горизонтальном направлении определяется скоростью ветра, в вертикальном направлении сильное воздействие оказывает распределение температур.

Рассеивание загрязняющих веществ выброса в атмосфере осуществляется за счет молекулярной и турбулентной диффузии.

Молекулярная диффузия незначительно влияет на процесс рассеивания, в отличие от турбулентной диффузии, являющейся определяющим фактором влияния на этот процесс. Наибольшие загрязнения атмосферы наблюдаются от низких источников при скоростях ветрах до 1 м/с. Максимальные концентрации загрязнения при выбросах из высоких источников, в зависимости от скорости выброса из устья источника, наблюдаются при опасных скоростях ветра (1–7 м/с).

На уровень содержания концентрации вредных веществ в приземном слое также влияет способность земли поглощать или излучать тепло. В обычных условиях с подъемом в тропосфере вверх на один километр температура падает на 6,5 °С (вертикальный температурный градиент).

Тропосфера почти совершенно прозрачна по отношению к проходящей через нее коротковолновой солнечной радиации и нагревается главным образом от земной поверхности, что обуславливает вертикальное перемешивание воздуха, конденсацию водяного пара, образование облаков и выпадение осадков.

Состояние атмосферы характеризуется отклонениями от значения температурного градиента, которые называются температурной инверсией — приземной или приподнятой инверсией. Высота появления инверсий и толщина их слоя могут меняться. Инверсии ухудшают рассеивание выбросов в атмосфере и ведут к возрастанию загрязняющих веществ в приземном слое.

Для высоких источников наиболее опасными условиями, вызывающими повышенное загрязнения приземного слоя воздуха, являются:

- приподнятая инверсия, располагающаяся над источником и приводящая к росту максимальной приземной концентрации на 50–100 %;

- штилевой слой, расположенный выше устья источника и скорости ветра на уровне выброса в 1,5–2 раза выше скорости выброса.

При холодных выбросах, когда приподнятая инверсия располагается непосредственно над источником и ветер близок к штилю, наблюдается особенно сильное загрязнение воздуха.

Распределение температуры в атмосфере зависит также от географической широты, а в нижних слоях атмосферы и от свойств земной поверхности, неравномерного распределения суши и поверхностных вод на Земле. Неравномерное распределение температуры приводит к неравномерному распределению давления, что приводит к появлению воздушных течений, которые создают общую циркуляцию атмосферы.

Движение воздушного потока в естественных условиях при обычных плотностях воздуха и нормальных скоростях всегда имеет турбулентный характер. Молекулярная диффузия в этом процессе практически не играет никакой роли.

Наиболее типичным случаем рассеивания загрязняющих веществ является движение газовой струи выброса при горизонтальном перемещении воздушных масс атмосферы. Поток загрязняющих веществ от точечного источника непрерывного действия движется вместе с воздушными массами, которые создают турбулентность и перемешивают его с собой.

При факельном выбросе или выбросе высокими источниками и в условиях безветрия рассеивание вредных веществ в атмосферном воздухе происходит главным образом под действием вертикальных потоков.

Форма струи, вытекающей из трубы, зависит в основном от вертикального градиента температуры вблизи трубы. Каждому типичному случаю температурной стратификации соответствует определенный характер формы струи.

Волнообразная струя образуется, когда состояние атмосферы очень неустойчиво. Такая форма струи наблюдается в большинстве случаев летом в дневное время при хорошей погоде и слабом ветре. Поступающие в атмосферу загрязняющие вещества хорошо рассеиваются. Загрязнение атмосферы в этом случае значительно ниже расчетного.

Конусообразная форма газовой струи наблюдается при устойчивом состоянии атмосферы. Расчетная концентрация загрязняющих веществ в атмосфере при этом близка к фактической концентрации.

Веерообразная струя образуется при температурной инверсии или при очень слабом вертикальном перемешивании. Веерообразные струи дыма не считаются неблагоприятными, несмотря на то, что вертикальное рассеивание загрязнений мало.

Существуют различные теории и модели рассеивания выбросов, которые необходимы для оценки концентрации вещества в атмосфере, поскольку инструментальное их определение трудоемко и дорого. Из разных моделей можно выделить две. Первая — теория градиентного переноса из физики тепло- и электропроводности основана на диффузии веществ за счет градиента концентраций.

Вторая модель — статистическая теория, основанная на том, что движение ветра и температура, обуславливающие рассеивание веществ, подчиняются не стохастическим (случайным), а вероятностным законам. Математически они описываются статистической моделью Гаусса — нормальным распределением. Согласно этой модели, ось x совпадает с горизонтальным направлением распределения выбросов вдоль направления и среднего значения ветра. Ось y перпендикулярна оси x в горизонтальной плоскости и служит для отображения значений вертикального градиента температуры атмосферы. Установлено, что изменения параметров движения ветра и температуры подчиняются нормальному закону распределения и обуславливают рассеивание загрязняющих веществ, которые также будут распределяться по этим же зависимостям.

При построении картины рассеивания вредных компонентов дымовых газов наибольший практический интерес представляет не вертикальное распределение концентрации в пространстве, в частности, по высоте факела, а изменение концентрации в приземном слое атмосферы, т. е. в двухметровом слое над поверхностью земли.

Изменение концентрации загрязняющих веществ по направлению ветровой оси на заветренной стороне источника зависит от его высоты и интенсивности турбулентного перемешивания. На некотором расстоянии от трубы X_m всегда образуется область макси-

мальной концентрации C_m . Расстояние от основания трубы до этой области тем меньше, чем сильнее турбулентность и чем ниже труба.

По мере удаления от трубы концентрация по оси факела уменьшается, а размеры факела в перпендикулярном к оси направлении увеличиваются. Струя на каком-то расстоянии от источника, по ветровой оси, касается своим краем земли. Начальная точка соприкосновения струи с поверхностью земли является началом зоны загрязнения. За началом зоны загрязнения концентрация примесей над поверхностью земли начинает нарастать. На каком-то, сравнительно близком от начальной зоны загрязнения расстоянии концентрация примесей на поверхности земли достигает максимального значения, а затем сначала быстро, а потом медленно начинает уменьшаться.

Однако, как показывают натурные замеры, в ближайшей к предприятию зоне всегда обнаруживаются вредные компоненты выбросов, которые, как правило, обусловлены выбросами неорганизованных источников данного предприятия. Поэтому ближайшая к предприятию зона называется зоной неорганизованного загрязнения.

10.2. Основные положения расчета концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе

Основным документом, регламентирующим расчет рассеивания и определение приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, является нормативный документ [7], позволяющий рассчитывать концентрации выбросов в приземном (2 м) слое над поверхностью земли и в вертикальном сечении факела выбросов на расстоянии до 100 км от источника. Он позволяет рассчитывать поля концентраций, создаваемые точечными, линейными и площадными источниками.

Основные условия использования нормативной методики сводятся к следующему:

- расчет максимальных концентраций по каждому ЗВ и для всех источников в расчетной точке (на промышленной площадке, в жилом районе) проводится при неблагоприятных метеоусловиях

(НМУ), которые не превышают 100–150 часов в год (1–2 %), что обеспечивает реальные концентрации ЗВ в атмосфере ниже, чем расчетные;

- рассчитывают разовые концентрации, относящиеся к 20–30-минутному интервалу осреднения в установившихся условиях рассеивания загрязняющих веществ над ровной или слабопересеченной (50 м на 1 км) местностью от отдельных ИЗА;

- при наличии нескольких источников приземная концентрация ЗВ в расчетной точке определяется как сумма концентраций по каждому веществу от отдельных источников.

Максимально допустимая концентрация ЗВ в расчетной точке определяется:

- на промышленной площадке в местах организованного и неорганизованного воздухозабора системами вентиляции по формуле $C_m = 0,3 \text{ ПДК}_{p,3} \text{ (мг/м}^3\text{)}$;

- в населенных пунктах $C_m = \text{ПДК}_{м,р}$ или $0,1 C_m \text{ ПДК}_{с,с}$;

- на территории заповедных зон $C_m < 0,8 \text{ ПДК}_{м,р}$.

При наличии в атмосфере ЗВ одностороннего действия должно соблюдаться условие — суммарная концентрация ЗВ с учетом их фоновых концентраций, отнесенная к ПДК, должна быть меньше 0,8 ПДК.

Методика расчета позволяет рассчитывать загрязнения атмосферы загрязняющими веществами:

- от точечного одиночного источника для нагретых и холодных выбросов и предельно малых опасных скоростей ветра;

- от линейных источников;

- с учетом влияния рельефа местности и застройки;

- от группы источников и площадных источников;

- с учетом суммации вредного действия нескольких веществ;

- с учетом фоновых концентраций и расчет фона;

- расчет минимальной высоты источника выбросов, нормативов ПДВ (ВСВ), границ СЗЗ предприятий;

- в расчетных формулах высота источника H выражена в метрах, время — в секундах, масса вредных веществ — в граммах, их концентрация в атмосферном воздухе — в миллиграммах на куби-

ческий метр, концентрация на выходе из источника — в граммах на кубический метр.

Источники выбросов по высоте делятся на классы в соответствии с п. 4.4 [7]:

- высокие, $H > 50$ м;
- средние, $H = 10\text{--}50$ м;
- низкие, $H = 2\text{--}10$ м,
- наземные, $H < 2$ м.

В случае одновременного присутствия веществ (n) одностороннего действия, входящих в группу, рассчитывается их безразмерная суммарная концентрация q в атмосферном воздухе или значение концентрации c для данных веществ, условно приведенных к значению концентрации одного из них.

Значения безразмерной концентрации q и приведенной концентрации C определяются по формулам:

$$q = (C_1/\text{ПДК}_1) + (C_2/\text{ПДК}_2) + \dots + (C_n/\text{ПДК}_n), \quad (10.1)$$

где C_1, C_2, \dots, C_n — расчетные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в одной и той же точке местности, мг/м^3 ;

$$C = C_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n, \quad (10.2)$$

где C_1 — концентрация вещества, к которому осуществляется приведение.

Значения q или C для вещества, входящего в группу суммации, рассчитываются с использованием для каждого источника значений приведенной мощности M_q или M соответственно по формулам:

$$M_q = M_1/\text{ПДК}_1 + M_2/\text{ПДК}_2 + \dots + M_n/\text{ПДК}_n; \quad (10.3)$$

$$M = M_1 + M_2 \cdot (\text{ПДК}_1/\text{ПДК}_2) + \dots + M_n \cdot (\text{ПДК}_1/\text{ПДК}_n), \quad (10.4)$$

где M_1, M_2, \dots, M_n — мощности выброса каждого из n веществ, приведенные к первому веществу, г/с ;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ — максимальные разовые предельно допустимые концентрации этих веществ в атмосферном воздухе, мг/м^3 .

Величина приведенной фоновой концентрации c_{ϕ} рассчитывается по формуле

$$C_{\phi} = C_{\phi_1} + C_{\phi_2} \cdot (\text{ПДК}_1/\text{ПДК}_2) + \dots + C_{\phi_n} \cdot (\text{ПДК}_1/\text{ПДК}_n), \quad (10.5)$$

где C_{ϕ_1} — фоновая концентрация вещества, к которому осуществляется приведение.

10.3. Расчет рассеивания выбросов загрязняющих веществ одиночного источника

Максимальная приземная концентрация загрязняющего вещества C_m (мг/м³), которая достигается при *неблагоприятных метеорологических условиях*, при выбросах из одиночного точечного источника с круглым устьем на расстоянии X_m (м) от источника, рассчитывается по формуле

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}. \quad (10.6)$$

Расход газозоооздушной смеси V_1 (м³/с) и мощность выброса M (г/с) устанавливаются расчетом в технологической части проекта при проектировании или принимаются в соответствии с действующими нормативами для данного производства. Значения M и V_1 принимаются для регламентных условий работы, которые реально имели место при эксплуатации предприятия в течение года.

Значение коэффициента температурной стратификации атмосферы A для неблагоприятных метеорологических условий, при которых наблюдается максимальная концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, принимается в соответствии с прил. 2 [7]. Для Урала и районов от 50° до 52° с. ш. значение A принимается равным 180, а для районов севернее 52° с. ш. — 160. Для города Екатеринбурга коэффициент $A = 160$.

Значение величины V_1 (м³/с) определяется по формуле

$$V_1 = w_0 \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (10.7)$$

где D (м) — диаметр устья источника; w_0 (м/с) — средняя скорость выхода выброса из устья источника.

Согласно прил. 2 [7], безразмерному параметру F присваиваются значения:

«а) для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей диаметром не более 10 мкм $F = 1$;

б) для аэрозолей (более 10 мкм) при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов свыше 90 % — 2; от 75 до 90 % — 2,5; менее 75 % и при отсутствии очистки — 3».

Высота источника H (м) в формуле соответствует его классу согласно п. 4.4 [7].

Влияние рельефа местности учитывается *безразмерным* значением коэффициента η . При перепаде высот на слабопересеченной местности, не превышающем 50 м на 1 км, а также на ровной местности коэффициенту η присваивается значение, равное 1. В иных ситуациях используют картографические материалы для определения значения η .

При определении разности температур ΔT (°C) температуру выброса в атмосферу T_r принимают по действующим технологическим нормативам производства, а температуру окружающего воздуха T_b — равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года. Для котельных, работающих по отопительному графику, используют температуру самого холодного месяца.

Безразмерные коэффициенты m и n учитывают условия выхода выброса из устья источника, а их значения определяются в зависимости от параметров f , V_m , V'_m и f_e по формулам:

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}; \quad (10.8)$$

$$V_{\text{м}} = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad (10.9)$$

$$V'_{\text{м}} = 1,3 \frac{\omega_0 D}{H}; \quad (10.10)$$

$$f_e = 800 \cdot (V'_{\text{м}})^3. \quad (10.11)$$

Величина коэффициента m в зависимости от f определяется по формулам:
при $f < 100$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}; \quad (10.12a)$$

при $f \geq 100$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}. \quad (10.126)$$

Для $f_e < f < 100$ величина коэффициента m рассчитывается при $f = f_e$.

Величину коэффициента n в зависимости от величины параметра $V_{\text{м}}$ рассчитывают по формулам:
при $V_{\text{м}} \geq 2$

$$n = 1; \quad (10.13a)$$

при $0,5 \leq V_{\text{м}} < 2$

$$n = 0,532V_{\text{м}}^2 - 2,13V_{\text{м}} + 3,13; \quad (10.136)$$

при $V_{\text{м}} < 0,5$

$$n = 4,4V_{\text{м}}. \quad (10.13в)$$

При приближенных расчетах принимают: $m \cdot n = 1$.

Для ситуации, когда $f \geq 100$ или $\Delta T \approx 0$ и $V_m \geq 0,5$ (холодный выброс), значение максимальной приземной концентрации примеси C_m (мг/м³) определяют по формуле

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{\frac{4}{3}}} \cdot \frac{D}{8V_1}. \quad (10.14)$$

Значения коэффициентов A , F , η принимаются так же, как и для нагретых источников. Расчет безразмерного коэффициента n ведется по формулам для нагретых выбросов.

Определение расстояния от источника выбросов X_m (м) до точки, в которой при неблагоприятных метеоусловиях достигается величина максимальной приземной концентрации загрязняющих веществ C_m , производится по формуле

$$X_m = \frac{5-F}{4} d \cdot H, \quad (10.15)$$

где безразмерный коэффициент d при $f < 100$ (для нагретых выбросов) находится по формулам:

при $V_m \leq 0,5$

$$d = 2,48 \left(1 + 0,28\sqrt[3]{f} \right); \quad (10.16a)$$

при $0,5 < V_m \leq 2$

$$d = 4,95V_m \left(1 + 0,28\sqrt[3]{f} \right); \quad (10.16б)$$

при $V_m > 2$

$$d = 7\sqrt{V_m} \left(1 + 0,28\sqrt[3]{f} \right). \quad (10.16в)$$

Для холодных выбросов ($f > 100$ или $\Delta T \approx 0$) значение коэффициента d находится по формулам:

при $V'_M \leq 0,5$

$$d = 5,7; \quad (10.17a)$$

при $0,5 < V'_M \leq 2$

$$d = 11,4V'_M; \quad (10.17б)$$

при $V'_M > 2$

$$d = 16\sqrt{V'_M}. \quad (10.17в)$$

Определение значения опасной скорости ветра. Опасная скорость ветра u_M (м/с) рассчитывается на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли). Она не является метеорологическим параметром и для различных источников конкретного производственного здания будет иметь разные значения. Следовательно, каждый источник в данном случае будет иметь свою опасную скорость ветра, при которой газовоздушный поток выброса создает максимальную концентрацию в приземном слое атмосферного воздуха.

Значение опасной скорости ветра u_M (м/с), которая в неявном виде входит в формулу для расчета максимальной приземной концентрации C_M , для нагретых выбросов ($f < 100$) находится по формулам:

при $V_M \leq 0,5$

$$u_M = 0,5 \text{ м/с}; \quad (10.18a)$$

при $0,5 < V_M \leq 2$

$$u_M = V_M; \quad (10.18б)$$

при $V_M > 2$

$$u_M = V_M \left(1 + 0,12\sqrt{f}\right). \quad (10.18в)$$

Для холодных выбросов ($f > 100$ или $\Delta T \approx 0$) значение u_m находят по формулам:
при $V'_m \leq 0,5$

$$u_m = 0,5 \text{ м/с}; \quad (10.19a)$$

при $0,5 < V'_m \leq 2$

$$u_m = V'_m; \quad (10.19б)$$

при $V'_m > 2$

$$u_m = 2,2 V'_m. \quad (10.19в)$$

10.4. Определение максимальной приземной концентрации и расстояния до точки ее достижения при скорости ветра, отличающейся от опасной

Значение максимальной приземной концентрации загрязняющих веществ $C_{ми}$ (мг/м³) при скорости ветра u (м/с), отличающейся от опасной скорости ветра u_m (м/с), и неблагоприятных метеорологических условиях рассчитывается, в зависимости от отношения u/u_m , по формуле

$$C_{ми} = r \cdot C_m, \quad (10.20)$$

где коэффициент $r \leq 1$;
при $u/u_m \leq 1$

$$r = 0,67 \left(u/u_m \right) + 1,67 \left(u/u_m \right)^2 - 1,34 \left(u/u_m \right)^3; \quad (10.21a)$$

при $u/u_m > 1$

$$r = \frac{3 \left(u/u_m \right)}{2 \left(u/u_m \right)^2 - \left(u/u_m \right) + 2}. \quad (10.21б)$$

В соответствии с п. 5.11 [7] значения скорости ветра $u < 0,5$ м/с, а также скорости ветра $u > u^*$, где u^* — значение скорости ветра, превышаемое в данной местности в среднем многолетнем режиме в 5 % случаев, при проведении расчетов не используются.

Определение расстояния от источника выбросов $X_{ми}$ (м) до точки, в которой при неблагоприятных метеоусловиях достигается максимальная приземная концентрация загрязняющих веществ $C_{ми}$ (мг/м³), производится по формуле

$$X_{ми} = p \cdot X_m, \quad (10.22)$$

где коэффициент $p \geq 1$;

при $u/u_m \leq 0,25$

$$p = 3; \quad (10.23a)$$

при $0,25 < u/u_m \leq 1$

$$p = 8,43(1 - u/u_m)^5 + 1; \quad (10.23б)$$

при $u/u_m > 1$

$$p = 0,32u/u_m + 0,68. \quad (10.23в)$$

10.5. Расчет концентрации вредных веществ при опасной скорости в любой точке на оси факела выброса при опасной скорости ветра

Приземная концентрация вредных веществ C (мг/м³) при опасной скорости ветра u_m по оси факела выброса на различных расстояниях X (м) от источника выброса в зависимости от отношения X/X_m рассчитывается по формулам:

$$C = s_1 C_m; \quad (10.24)$$

при $X/X_m \leq 1$

$$s_1 = 3(E/x_m)^4 - 8(x/x_m)^3 + 6(x/x_m)^2; \quad (10.25a)$$

при $1 < X/X_m \leq 8$

$$s_1 = \frac{1,13}{0,13(x/x_m)^2 + 1}; \quad (10.25б)$$

при $X/X_m > 8$ и $F \leq 1,5$

$$s_1 = \frac{x/x_m}{3,58(x/x_m)^2 - 35,2(x/x_m) + 120}; \quad (10.25в)$$

при $X/X_m > 8$ и $F \geq 2$

$$s_1 = \frac{1}{0,1(x/x_m)^2 + 2,47(x/x_m) - 17,8}. \quad (10.25г)$$

Для низких и наземных источников при значениях $X/X_m < 1$ величина s_1 заменяется величиной s_1^H , рассчитываемой в зависимости от X/X_m и высоты H , по формуле:

при $2 \leq H < 10$

$$s_1^H = 0,125(10 - H) + 0,125(H - 2) \cdot s_1. \quad (10.26)$$

Значения концентрации загрязняющих веществ C по оси факела при неблагоприятных метеорологических условиях и скоростях ветра, отличных от опасной скорости, рассчитываются аналогично.

По формулам (10.21) и (10.23) определяются значения величин C_{mi} и X_{mi} . Далее в зависимости от отношения X/X_{mi} по формулам (10.25) и (10.26) определяется значение s_1 . Искомое значение концентрации вредного вещества находится по формуле

$$C = s_1 C_{mi}. \quad (10.27)$$

10.6. Расчет концентрации вредных веществ в любой точке на прямой, перпендикулярной оси факела выброса

Ось y перпендикулярна оси x в горизонтальной плоскости и отражает влияние вертикального градиента температуры, который также способствует рассеиванию выбросов загрязняющих веществ в атмосфере.

Приземная концентрация C_y (мг/м³) на расстоянии y (м) по перпендикуляру к оси факела выброса определяется по формуле

$$C_y = s_2 C, \quad (10.28)$$

где s_2 — безразмерный коэффициент, рассчитываемый в зависимости от скорости ветра u (м/с) и отношения y/x по значению аргумента t_y :
при $u \leq 5$

$$t_y = \frac{uy^2}{x^2}; \quad (10.29a)$$

при $u > 5$

$$t_y = \frac{5y^2}{x^2}; \quad (10.296)$$

$$s_2 = \frac{1}{\left(1 + 5t_y + 12,8t_y^2 + 17t_y^3 + 45,1t_y^4\right)^2}. \quad (10.30)$$

10.7. Расчет загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха при выбросе из источника с прямоугольным устьем

Расчет ведется при средней скорости выброса газовой смеси из устья источника w_0 (м/с), значениях $D = D_9$ и $V = V_{\text{ЭКВ}}$ (м³/с).

Эффективный диаметр $D_э$ (м) определяется по формуле

$$D_э = 2Lb/(L + b), \quad (10.31)$$

где L — длина устья источника (м); b — ширина устья (м).

Эффективная скорость w_0 (м/с) выхода выброса в атмосферный воздух определяется по формуле

$$V_{1э} = w_0 \frac{\pi \cdot D_э^2}{4}. \quad (10.32)$$

10.8. Учет взаимодействия источников выбросов загрязняющих веществ

Приземная концентрация загрязняющих веществ C в любой точке местности, при наличии N источников выбросов, определяется как сумма концентраций веществ от отдельных источников при заданном направлении и скорости ветра:

$$C_1 + C_2 + C_3 \dots + C_N \quad (10.33)$$

где C_1, C_2, \dots, C_N — концентрации загрязняющего вещества от первого, второго, N -го источников.

Учитываются источники, находящиеся только с наветренной стороны по отношению к расчетной точке. В первую очередь рассматриваются приоритетные направления ветра (например, в направлении ближайшей застройки).

При наличии N источников выбросов j -го вещества, имеющих различные параметры, расчеты загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха проводятся для средневзвешенной опасной скорости ветра u_{mcj} :

$$u_{mc} = \frac{u_{m_1} C_{m_2} + u_{m_2} C_{m_2} + \dots + C_{m_n}}{C_{m_1} + C_{m_2} + \dots + C_{m_n}}. \quad (10.34)$$

Отдельно для всех веществ, к которым относятся вычисленные $u_{ми}$, которые иногда существенно различаются для разных веществ, определяются значения $C_{ми} | u = u_{мс}$ и $x_{ми} | u = u_{мс}$.

Если по рассматриваемому веществу сумма $C_{мс} | u = u_{мс}$ меньше или равняется ПДК, то дальнейшие расчеты производятся главным образом при оценке фактического уровня загрязнения воздуха.

Если сумма $C_{ми} | u = u_{мс}$ больше ПДК, то для направлений ветра, соответствующих переносу загрязняющих веществ от источников на расчетную область при скоростях ветра $u_{мс}, 0,5u_{мс}, 1,5u_{мс}, 0,5$ м/с, производится расчет суммарных концентраций от всех источников в узлах расчетной сетки, после чего наибольшая из них принимается за максимальную концентрацию C_m .

10.9. Установление предельно допустимых и временно согласованных выбросов для стационарных источников

При установлении нормативов ПДВ (ВСВ) количество рассматриваемых источников выброса сокращается их объединением, особенно мелких источников, в отдельный условный площадной или точечный источник, что позволяет ускорить и сократить объем расчетов.

Перед установлением ПДВ для отдельного источника первоначально определяется величина его зоны влияния. Радиус зоны влияния приближенно принимается по величине наибольшего из двух расстояний X_1 (м) и X_2 (м) от источника, где $X_1 = 10X_m$. Значение радиуса X_1 соответствует расстоянию, на котором концентрация C составляет 5 % от максимальной концентрации C_m . Величина радиуса X_2 определяется как расстояние от источника, начиная с которого, $C \leq 0,05$ ПДК. Если $C_m \leq 0,05$ ПДК, значение радиуса X_2 принимается равным нулю.

Зоны влияния устанавливаются также для предприятий и включают в себя круги радиусом X_1 , проведенные вокруг каждой из внешних труб предприятия, и участки местности, где рассчитанное суммарное загрязнение атмосферы от всей совокупности источни-

ков выброса данного предприятия, в том числе низких и неорганизованных выбросов, превышает 0,05 ПДК.

Зоны влияния для источников и предприятий рассчитываются отдельно по каждому загрязняющему веществу и комбинации веществ с суммирующимся вредным действием.

Для нагретых выбросов из одиночного источника с круглым устьем значение ПДВ (г/с) при $C_{\phi} < \text{ПДК}$ определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi})}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}. \quad (10.35)$$

Для холодных выбросов при $f \geq 100$ или $\Delta T \approx 0$ ПДВ определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi})}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta} \cdot H^{\frac{4}{3}} \cdot \frac{8 \cdot V_1}{D}. \quad (10.36)$$

Для реконструируемого предприятия расчеты ведутся на фактическое положение с использованием значений M и V_1 по данным последней инвентаризации выбросов, а при расчетах на перспективу они производятся для каждого из отдельных намеченных этапов сокращения выбросов с использованием значений M и V_1 , которые должны быть достигнуты при реализации намеченных мероприятий.

Правильность предложений по величинам ПДВ для N источников с различными параметрами, выбрасывающих j вещество, проводится по следующему критерию (сумма максимальных концентраций с учетом фона):

$$\sum_{j=1}^N C_{mij} + C_{\phi j} \leq \text{ПДК}_j. \quad (10.37)$$

Если условие выполняется, а необходимость учета суммации вредного действия нескольких веществ отсутствует, то использованные при расчетах значения M_j могут быть приняты в качестве ПДВ без расчетов суммарного загрязнения атмосферы.

Предельно допустимые выбросы ПДВ_г (т/г) устанавливаются также для предприятия в целом с учетом их неравномерности. Расчет ПДВ ведется по формуле

$$\text{ПДВ}_g = \sum_{i=1}^N \text{ПДВ}_{gi}. \quad (10.38)$$

10.10. Определение мощности и минимальной высоты источника при фиксированных параметрах выброса

Определение мощности выброса M и высоты H для заданной максимальной приземной концентрации C_m и фиксированных значений других параметров выброса при решении обратных задач ведется по соответствующим формулам.

Для нагретых выбросов определение мощности M (г/с) ведется по формуле

$$M = \frac{C_m \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}. \quad (10.39)$$

Для холодных выбросов мощность выброса M (г/с) находится по формуле

$$M = \frac{C_m \cdot H^{4/3}}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta} \cdot \frac{8V_1}{D}. \quad (10.40)$$

Минимальная высота одиночного источника H , соответствующая заданным значениям C_m , w_0 и V_1 , для холодных выбросов определяется по формуле

$$H = \left(\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D \cdot \eta}{8V_1 \cdot C_m} \right)^{3/4}. \quad (10.41)$$

Если вычисленному значению H соответствует значение $V'_m \geq 2$ м/с, то рассчитанное значение H — окончательное, а если зна-

чение $V'_m < 2$, то при найденном значении $H = H_1$ необходимо величину $n = n_1$ вычислить по формулам (10.13). Затем последовательными приближениями находят $H = H_2$ по H_1 и n_1 , ..., $H = H_{i+1}$ по H_i и n_i , используя формулу

$$H_{i+1} = H_i \left(\frac{n_i}{n_{i-1}} \right)^{3/4}, \quad (10.42)$$

где n_i и n_{i-1} — величины безразмерного коэффициента n , рассчитанного соответственно по значениям H_i и H_{i-1} .

Уточнение высоты H проводится до тех пор, пока два последовательных значения H_i и H_{i-1} практически не будут различаться.

При определении высоты источника H для нагретых выбросов, когда $\Delta T > 0$, сначала определяется высота H источника по формуле

$$H_i = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot m \cdot \eta}{(\text{ПДК} - C_\phi) \cdot (V_1 \cdot \Delta T)^{1/3}}}. \quad (10.43)$$

Затем проверяется выполнение условия $H \leq \omega_0 \sqrt{\frac{10D}{\Delta T}}$. Если

условие выполняется, то значение H признается окончательным. При невыполнении условия для определения предварительного значения высоты H используется формула

$$H = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F \cdot \eta}{C_\phi \cdot (V_1 \cdot \Delta T)^{1/3}}}. \quad (10.44)$$

По рассчитанному значению $H = H_1$ определяются величины f , V_m , V'_m , и f_e и устанавливаются в первом приближении коэффициенты $m = m_1$ и $n = n_1$. Если $m_1 \cdot n_1 \neq 1$, то по значениям m_1 и n_1 рассчитывается второе приближение высоты источника $H = H_2$ по формуле $H_2 = H_1 \sqrt{m_1 \cdot n_1}$. В общем случае $(i + 1)$ приближение H_{i+1} определяется по формуле

$$H_{i+1} = H_i \sqrt{\frac{m_i n_i}{m_{i-1} n_{i-1}}}, \quad (10.45)$$

где m_i, n_i соответствуют высоте H_i , а m_{i-1}, n_{i-1} — высоте H_{i-1} .

При совместном выбросе из источника различных загрязняющих веществ за высоту источника принимается наибольшее значение H из рассчитанных для каждого вещества в отдельности и для групп веществ с суммирующимся вредным действием.

11. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С РАСЧЕТАМИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Задача 1

Тепловая электростанция выбрасывает в атмосферу $M_1 = 15$ т/ч (4 166,7 г/с) диоксида серы и $M_2 = 2$ т/ч (555,6 г/с) диоксида азота. Температура газовой смеси $T_r = 123$ °С. Высота трубы $H = 150$ м, диаметр устья $D = 5$ м, средняя скорость выхода газовой смеси $W_0 = 10$ м/с. Электростанция расположена в Свердловской области ($A = 160$). Средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца года $T_b = 23$ °С. Принять коэффициент $\eta = 1$. ПДК максимально разовая для $SO_2 = 0,5$ мг/м³, а для $NO_2 = 0,2$ мг/м.

Определить величину максимальной приземной концентрации примеси C_m и расстояние X_m , на котором она достигается, для SO_2 и NO_2 . Рассчитать также величины $C_{ми}$ и $X_{ми}$ при скорости ветра $u_1 = 3$ м/с и $u_2 = 8$ м/с.

Решение

1. Расчет C_m , X_m для опасной скорости ветра.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_m (мг/м³) при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при опасной скорости ветра на расстоянии X_m (м) от источника и определяется по формуле

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}.$$

Определим объемный расход газовойздушной смеси V_1 (м³/с) по формуле

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} W_0 = \frac{3,14 \cdot 5^2}{4} \cdot 10 = 196,25 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Коэффициенты m и n учитывают условия выхода газовойздушной смеси из устья источника выброса. Для их расчета предварительно требуется рассчитать вспомогательные параметры f , V_m :

$$f = 1000 \frac{w_0^2 D}{H^2 \Delta T} = 1000 \frac{10^2 \cdot 5}{150^2 \cdot (123 - 23)} = 0,22;$$

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}} = 0,65 \sqrt[3]{\frac{196,25 \cdot 100}{150}} = 3,30.$$

При $f < 100$ коэффициент m определяется по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,65 + 0,1\sqrt{0,22} + 0,34\sqrt[3]{0,22}} = 1,083.$$

При $f < 100$ и $V_m \geq 2$ величина коэффициента n принимается равной 1.

Определяем максимальное значение приземной концентрации диоксида серы:

$$C_{\text{мSO}_2} = \frac{A \cdot M_1 \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}} = \frac{160 \cdot 4 \cdot 166,7 \cdot 1 \cdot 1,083 \cdot 1}{150^2 \sqrt[3]{196,25 \cdot 100}} = 1,19 \text{ мг/м}^3.$$

Расстояние X_m от источника выбросов, на котором приземная концентрация при опасной скорости ветра достигает максимального значения C_m , рассчитывается по формуле

$$X_m = \frac{5 - F}{4} d \cdot H.$$

Здесь d — безразмерный коэффициент при $V_m > 2$ находится по формуле

$$d = 7\sqrt[3]{V_m} \left(1 + 0,28\sqrt[3]{f}\right) = 7\sqrt[3]{3,3} \left(1 + 0,28\sqrt[3]{1,083}\right) = 14,87.$$

Тогда

$$X_m = \frac{5-1}{4} \cdot 14,87 \cdot 150 = 2\,231 \text{ м.}$$

2. Приведение массы выбросов загрязняющих веществ в группе суммации к выбросу SO_2 и расчет $C_{\text{м.прив}}$ для опасной скорости ветра.

Приведенная масса выбросов в группе суммации к выбросу SO_2 :

$$M_{\text{прив}} = M_{\text{SO}_2} + M_{\text{NO}_2} \frac{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} = 4\,166,7 + 555,6 \cdot \frac{0,5}{0,2} = 5\,555,7 \text{ г/с.}$$

Значение максимальной приземной концентрации для приведенной массы выброса:

$$C_{\text{м.прив}} = \frac{A \cdot M_{\text{прив}} \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T}} = \frac{160 \cdot 5\,555,7 \cdot 1 \cdot 1,083 \cdot 1 \cdot 1}{150^2 \cdot \sqrt[3]{196,25 \cdot 100}} = 1,59 \text{ мг/м}^3.$$

Поскольку мощность SO_2 осталась неизменной, то $C_{\text{мSO}_2} = 1,19 \text{ мг/м}^3$. Максимальное значение приземной концентрации диоксида азота находим по формуле

$$C_{\text{мNO}_2} = \frac{(C_{\text{м.прив}} - C_{\text{мSO}_2})}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} \text{ПДК}_{\text{NO}_2} = \frac{(1,59 - 1,19)}{0,5} \cdot 0,2 = 0,16 \text{ мг/м}^3.$$

Поскольку величина коэффициента d не зависит от мощности выброса, то значение X_m остается без изменения.

3. Расчет $C_{\text{ми}}$ и $X_{\text{ми}}$ при скоростях ветра 3 и 8 м/с.

Значение опасной скорости ветра u_m (м/с) на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой достигается наиболь-

шее значение приземной концентрации вредных веществ C_m , при $V_m > 2$ определяется по формуле

$$u_m = V_m \left(1 + 0,12\sqrt{f} \right) = 3,3 \cdot \left(1 + 0,12\sqrt{0,22} \right) = 3,49 \text{ м/с.}$$

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_{mi} (мг/м^3) при неблагоприятных метеорологических условиях и скорости ветра u (м/с), отличающейся от опасной скорости ветра u_m , определяется по формуле

$$C_{mi} = r \cdot C_m,$$

где r — безразмерная величина, определяемая в зависимости от отношения u/u_m .

$$\frac{u_1}{u_m} = \frac{3}{3,49} = 0,86; \quad \frac{u_2}{u_m} = \frac{8}{3,49} = 2,29;$$

при $u/u_m < 1$

$$r = 0,67 \left(u/u_m \right) + 1,67 \left(u/u_m \right)^2 - 1,34 \left(u/u_m \right)^3;$$

$$r_1 = 0,67 \cdot 0,86 + 1,67 \cdot 0,86^2 - 1,34 \cdot 0,86^3 = 0,96;$$

при $u/u_m > 1$

$$r_2 = \frac{3(u_2/u_m)}{2(u_2/u_m)^2 - (u_2/u_m) + 2} = \frac{3 \cdot 2,29}{2 \cdot 2,29^2 - 2,29 + 2} = 0,67.$$

Определив величины r_1 и r_2 , вычисляем максимальное значение приземной концентрации SO_2 и NO_2 при скоростях ветра u_1 и u_2 , отличающихся от опасной скорости ветра u_m :

при $u = 3 \text{ м/с}$

$$C_{mi, \text{SO}_2} = r_1 \cdot C_{m\text{SO}_2} = 0,96 \cdot 1,19 = 1,14 \text{ мг/м}^3;$$

при $u = 8$ м/с

$$C_{ми_2SO_2} = r_2 \cdot C_{мSO_2} = 0,67 \cdot 1,19 = 0,80 \text{ мг/м}^3;$$

при $u = 3$ м/с

$$C_{ми_1NO_2} = r_1 \cdot C_{мNO_2} = 0,96 \cdot 0,16 = 0,15 \text{ мг/м}^3;$$

при $u = 8$ м/с

$$C_{ми_2NO_2} = r_2 \cdot C_{мNO_2} = 0,67 \cdot 0,16 = 0,11 \text{ мг/м}^3.$$

Расстояние от источника выброса $X_{ми}$ (м), на котором при скорости ветра u и неблагоприятных метеорологических условиях приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения $C_{ми}$ (мг/м³), определяется по формуле

$$X_{ми} = p \cdot X_m,$$

где безразмерный коэффициент p при $0,25 < u/u_m < 1$ определяется по формулам:

при $0,25 < u/u_m < 1$

$$p_1 = 8,43 \left(1 - u_1/u_m\right)^5 + 1 = 8,43 \cdot (1 - 0,86)^5 + 1 = 1,00;$$

при $u/u_m > 1$

$$p_2 = 0,32 u_2/u_m + 0,68 = 0,32 \cdot 2,29 + 0,68 = 1,4.$$

Расстояние от источника выброса $X_{ми}$ (м), на котором при скоростях ветра u_1 и u_2 , отличающихся от опасной скорости ветра u_m , приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения $C_{ми}$ (мг/м³), рассчитывается по формулам:

при $u = 3$ м/с

$$X_{ми_1} = p_1 \cdot X_m = 1,00 \cdot 2\,231 = 2\,231 \text{ м};$$

при $u = 8$ м/с

$$X_{\text{ми}_2} = p_2 \cdot X_{\text{м}} = 1,4 \cdot 2231 = 3\,123 \text{ м.}$$

Задача 2

Тепловая электростанция выбрасывает в атмосферу $M_1 = 15$ т/ч (4 166,7 г/с) диоксида серы и $M_2 = 2$ т/ч (555,6 г/с) диоксида азота. Высота трубы $H = 150$ м, диаметр устья $D = 5$ м, средняя скорость выхода газовоздушной смеси $W_0 = 10$ м/с. Электростанция расположена в Свердловской области ($A = 160$). Принять коэффициент $\eta = 1$. ПДК максимально разовая для $\text{SO}_2 = 0,5$ мг/м³, а для $\text{NO}_2 = 0,2$ мг/м.

Считая выброс холодным, рассчитать величины $C_{\text{м}}$ и $X_{\text{м}}$ для опасной скорости ветра и значения $C_{\text{ми}}$ и $X_{\text{ми}}$ при скоростях $u_1 = 3$ м/с и $u_2 = 8$ м/с. Расчет провести для вещества SO_2 . Полученные результаты сравнить с результатами нагретого выброса, рассчитанными в задаче 1.

Решение

1. Расчет максимальной концентрации в приземном слое атмосферного воздуха $C_{\text{м}}$ и расстояния $X_{\text{м}}$, на котором она достигается, для опасной скорости ветра.

Максимальное значение приземной концентрации для холодных выбросов ($\Delta T = 0$ °С) рассчитывается по формуле

$$C_{\text{м}} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot \frac{D}{8V_1},$$

где

$$\frac{D}{8V_1} = \frac{5}{8 \cdot 196,25} = 0,003.$$

Значение $V_1 = 196,25$ м³/с берем из решения задачи 1.

Для расчета коэффициента n , учитывающего условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса, предварительно требуется рассчитать вспомогательные параметры $V_{\text{м}}'$ и f_e :

$$V'_m = 1,3 \frac{\omega_0 D}{H} = 1,3 \cdot \frac{10 \cdot 5}{150} = 0,43;$$

$$f_e = 800(V'_m)^3 = 800(0,43)^3 = 63,61.$$

При $V'_m < 0,5$ коэффициент n определяется по формуле

$$n = 4,4 \cdot V'_m = 1,89.$$

Определим максимальное значение приземной концентрации для SO_2 :

$$C_m = \frac{160 \cdot 4 \cdot 166,7 \cdot 1 \cdot 1,89 \cdot 1}{150^{\frac{4}{3}}} \cdot 0,003 = 5,06 \text{ мг/м}^3.$$

Расстояние X_m от источника выбросов, на котором приземная концентрация при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения C_m , определяется по формуле

$$X_m = \frac{5-F}{4} dH.$$

Для холодного выброса при $V'_m \leq 0,5$ величина $d = 5,7$, тогда значение X_m рассчитывается по формуле

$$X_m = \frac{5-1}{4} \cdot 5,7 \cdot 150 = 855 \text{ м.}$$

2. Расчет $C_{ми}$ и $X_{ми}$ при скоростях ветра 3 и 8 м/с.

При $V'_m \leq 0,5$ опасная скорость ветра $u_m = 0,5$ м/с.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества $C_{ми}$ (мг/м³) определяется по формуле

$$C_{ми} = r \cdot C_m,$$

где r — безразмерная величина при $u/u_m > 1$ определяется в зависимости от отношения u/u_m .

$$\frac{u_1}{u_m} = \frac{3}{0,5} = 6; \quad \frac{u_2}{u_m} = \frac{8}{0,5} = 16;$$

при $u/u_m > 1$ расчет ведется по формулам:

при $u = 3$ м/с

$$r_1 = \frac{3(u_1/u_m)}{2(u_1/u_m)^2 - (u_1/u_m) + 2} = \frac{3 \cdot 6}{2 \cdot 6^2 - 6 + 2} = 0,265;$$

при $u = 8$ м/с

$$r_2 = \frac{3(u_2/u_m)}{2(u_2/u_m)^2 - (u_2/u_m) + 2} = \frac{3 \cdot 16}{2 \cdot 16^2 - 16 + 2} = 0,096;$$

при $u = 3$ м/с

$$C_{ми1 SO_2} = r_1 C_{mSO_2} = 0,265 \cdot 5,06 = 1,34 \text{ мг/м}^3;$$

при $u = 8$ м/с

$$C_{ми2 SO_2} = r_2 C_{mSO_2} = 0,096 \cdot 5,06 = 0,49 \text{ мг/м}^3.$$

Расстояние от источника выброса $X_{ми}$ (м), на котором при скорости ветра u , отличной от опасной скорости, приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения $C_{ми}$ (мг/м³), определяется по формуле

$$X_{ми} = p \cdot X_m,$$

где p — безразмерный коэффициент, определяемый при $u/u_m > 1$ по формулам:

$$p_1 = 0,32 \cdot u_1/u_m + 0,68 = 0,32 \cdot 6 + 0,68 = 2,6;$$

$$p_2 = 0,32 \cdot u_2/u_m + 0,68 = 0,32 \cdot 16 + 0,68 = 5,8.$$

Тогда:
при $u = 3$ м/с

$$X_{mu_1} = p_1 X_m = 2,6 \cdot 855 = 2\,223 \text{ м};$$

при $u = 8$ м/с

$$X_{mu_2} = p_2 X_m = 5,8 \cdot 855 = 4\,959 \text{ м}.$$

При холодном выбросе резко возрастает величина максимальной приземной концентрации диоксида серы: $C_{\text{м.нагр}} = 1,19 \text{ мг/м}^3$ и $C_{\text{м.хол}} = 5,06 \text{ мг/м}^3$.

Задача 3

Источником выброса является труба котельной ($H = 150$ м и $D = 5$ м). В выбросах содержится оксид азота ($M_{\text{NO}_2} = 2$ т/ч). Средняя скорость выхода газовойздушной смеси из устья источника выброса $\omega_0 = 10$ м/с. Разность между значением температуры выбрасываемой газовойздушной смеси и температурой окружающего атмосферного воздуха $\Delta T = 100$ °С. Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы A , равен 160.

Рассчитать величины приземных концентраций C_x загрязняющего вещества NO_2 в атмосфере по оси факела выброса и C_y по перпендикуляру к оси факела выброса на различных расстояниях при опасной скорости ветра u_m .

Построить графики распределения концентраций $C = f(x)$ и $C = f(y)$.

Решение

1. Расчет значений C_m и X_m для опасной скорости ветра u .

Рассчитаем расход газовойздушной смеси V_1 и значения вспомогательных параметров f , V_m :

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0 = \frac{\pi \cdot 5^2}{4} \cdot 10 = 196,25 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$f = 1\,000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T} = 1\,000 \frac{10^2 \cdot 5}{150^2 \cdot 100} = 0,22;$$

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{196,25 \cdot 100}{150}} = 3,30.$$

Определим коэффициенты m и n . Так как $f < 100$, то значение m рассчитываем по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,65 + 0,1 \sqrt{0,22} + 0,34 \sqrt[3]{0,22}} = 1,083.$$

Поскольку $V_m > 2$, то $n = 1$.

Максимальные приземные концентрации для вредных веществ $C_{\text{мSO}_2}$ и $C_{\text{мNO}_2}$ для опасной скорости ветра C_m рассчитываем по формулам:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}};$$

$$C_{\text{мNO}_2} = \frac{160 \cdot 555,6 \cdot 1 \cdot 1,083 \cdot 1}{150^2 \sqrt[3]{196,25 \cdot 100}} = 0,16 \text{ мг/м}^3.$$

Расстояние X_m от источника выброса, на котором приземная концентрация достигает максимального значения:

$$X_m = \frac{5-F}{4} d \cdot H = \frac{5-1}{4} \cdot 14,87 \cdot 150 = 2\,231 \text{ м.}$$

Величина безразмерного коэффициента d при $f < 100$ и $V_m > 2$ находится по формуле

$$d = 7 \sqrt{V_m} \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f} \right) = 7 \sqrt{3,30} \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{0,22} \right) = 14,87.$$

2. Расчет концентрации C_x загрязняющего вещества NO_2 в атмосфере вдоль ветровой оси факела выброса и C_y по перпендикуляру к ветровой оси факела выброса.

Значение опасной скорости ветра u_m , при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ при $f < 100$ и $V_m > u_m$, находим по формуле

$$u_m = V_m \left(1 + 0,12\sqrt{f} \right) = 3,30 \cdot \left(1 + 0,12\sqrt{0,22} \right) = 3,49 \text{ м/с.}$$

Приземная концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе по оси факела выбросов для опасной скорости ветра на различных расстояниях X от источника выброса определяется по формуле

$$C_x = s_1 \cdot C_m.$$

Значения коэффициента s_1 определяются по формулам:
при $x/x_m \leq 1$

$$s_1 = 3(x/x_m)^4 - 8(x/x_m)^3 + 6(x/x_m)^2;$$

при $1 > x/x_m \geq 8$

$$s_1 = \frac{1,13}{0,13(x/x_m)^2 + 1}.$$

Интервал значений величины X для расчета концентрации диоксида азота примем равным 200 м до точки X_m , а далее произвольно (от 300 до 400 м). Результаты расчетов концентраций C_{xNO_2} вводим в табл. 1. На основании данных табл. 1 строим графическую зависимость $C_x = f(x)$ (рис. 1).

Приземная концентрация вредных веществ в атмосфере по перпендикуляру к оси факела выброса на различных расстояниях от оси при опасной скорости ветра u_m от точки $X = X_m$ определяется по формуле

$$C_y = s_2 \cdot C.$$

В зависимости от аргумента t_y для $u \leq 5$:

$$t_y = u \left(\frac{y}{x_m} \right)^2 = \frac{3,49 \cdot 200^2}{2 \cdot 229^2} = 0,028,$$

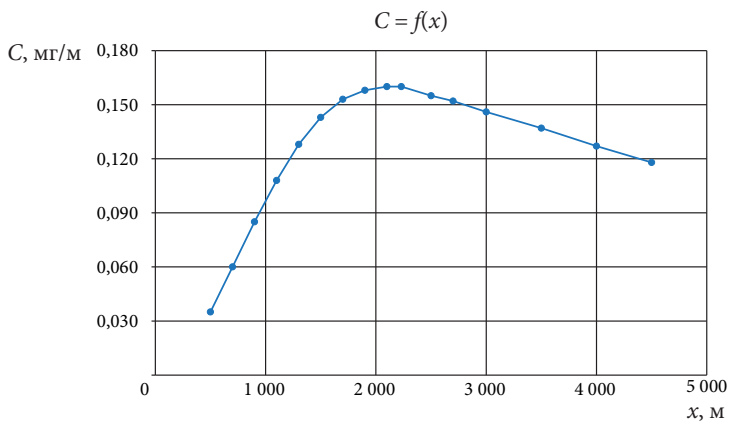


Рис. 1. Изменение концентрации NO_2
вдоль ветровой оси при опасной скорости ветра

Таблица 1

Значения концентрации $C_{\text{мNO}_2}$ вдоль ветровой оси

x , м	x/x_m	s_1	$C_{\text{мNO}_2}$, мг/м ³
500	0,220	0,220	0,035
700	0,310	0,370	0,060
900	0,400	0,530	0,085
1 100	0,490	0,680	0,108
1 300	0,580	0,800	0,128
1 500	0,670	0,890	0,143
1 700	0,760	0,960	0,153
1 900	0,850	0,990	0,158
2 100	0,940	1,000	0,160
2 230	1,000	1,000	0,160
2 500	1,120	0,970	0,155
2 700	1,210	0,950	0,152
3 000	1,350	0,910	0,146

$x, \text{ м}$	x/x_m	s_1	$C_{\text{мNO}_2}, \text{ мг/м}^3$
3 500	1,570	0,856	0,137
4 000	1,795	0,797	0,127
4 500	2,019	0,739	0,118

а величина s_2 определяется по формуле

$$s_2 = \frac{1}{\left(1 + 5t_y + 12,8t_y^2 + 17t_y^3 + 45,1t_y^4\right)^2}.$$

Результаты расчетов сводим в табл. 2. На основании результатов таблицы строим графическую зависимость $C_y = f(y)$ (рис. 2).

Таблица 2

Значения концентрации $C_{\text{мNO}_2}$ по перпендикуляру к ветровой оси

$y, \text{ м}$	$t_y = u_m(y/x_m)^2$	s_2	$C_{\text{NO}_2}, \text{ мг/м}^3$
50	0,0017	0,9830	0,15728
100	0,0070	0,9324	0,1492
200	0,028	0,7548	0,12077
400	0,112	0,3247	0,05195
500	0,1751	0,1734	0,0277
600	0,253	0,0797	0,01275
800	0,450	0,0118	0,00188

Задача 4

Тепловая электростанция выбрасывает в атмосферу $M_1 = 15 \text{ т/ч}$ ($4\,166,7 \text{ г/с}$) диоксида серы и $M_2 = 2 \text{ т/ч}$ ($555,6 \text{ г/с}$) диоксида азота. Температура газозвоздушной смеси $T_r = 123 \text{ }^\circ\text{C}$. Высота трубы $H = 150 \text{ м}$, диаметр устья $D = 5 \text{ м}$, средняя скорость выхода газозвоздушной смеси $W_0 = 10 \text{ м/с}$. Электростанция расположена в Свердловской области ($A = 160$). Средняя максимальная температура наиболее

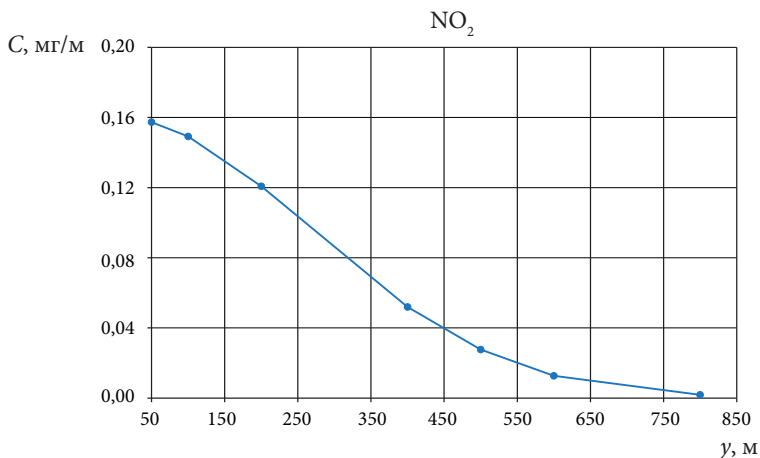


Рис. 2. Изменение концентрации NO_2 по перпендикуляру ветровой оси для опасной скорости ветра

жаркого месяца года $T_b = 23^\circ\text{C}$. Принять коэффициент η равным 1. Фоновые концентрации C_ϕ загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, составляют: для SO_2 — $0,1 \text{ мг/м}^3$, для NO_2 — $0,01 \text{ мг/м}^3$.

Определить величины предельно допустимых выбросов (ПДВ) для SO_2 и NO_2 из условия, что при снижении мощности выбросов массовое соотношение примесей в отходящих газах не меняется.

$$\text{ПДК}_{\text{м.р}} \text{SO}_2 = 0,5 \text{ мг/м}^3; \quad \text{ПДК}_{\text{м.р}} \text{NO}_2 = 0,2 \text{ мг/м}^3.$$

Решение

1. Обозначим фоновую концентрацию, приведенную к SO_2 :

$$C_\phi = C_{\phi\text{SO}_2} + C_{\phi\text{NO}_2} \cdot \frac{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} = 0,1 + 0,01 \cdot \frac{0,5}{0,2} = 0,125 \text{ мг/м}^3.$$

2. Рассчитаем массу выброса, приведенную к SO_2 :

$$M_{\text{прив}} = M_{\text{SO}_2} + M_{\text{NO}_2} \cdot \frac{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} = 4\,166,7 + 555,6 \cdot \frac{0,5}{0,2} = 5\,555,7 \text{ г/с}.$$

Определим величину предельно допустимого выброса, приведенного к SO_2 по формуле:

$$\text{ПДВ}_{\text{прив}} = \frac{\text{ПДК}_{\text{SO}_2} - C_{\text{ф}}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T};$$

$$\text{ПДВ}_{\text{прив}} \frac{(0,5 - 0,125)}{160 \cdot 1 \cdot 1,084 \cdot 1 \cdot 1} (196,25 \cdot 100)^{1/3} \cdot 150^2 = 1\,313,6 \text{ г/с}.$$

Найдем значения ПДВ для каждого из веществ, входящих в группу суммации, рассчитанные с учетом отношения массы их выбросов к приведенной к SO_2 массе выброса:

$$\text{ПДВ}_{\text{SO}_2} = \text{ПДВ}_{\text{прив}} \cdot \frac{M_{\text{SO}_2}}{M_{\text{прив}}} = 1\,313,6 \cdot \frac{4\,166,7}{5\,555,7} = 985,2 \text{ г/с};$$

$$\text{ПДВ}_{\text{NO}_2} = \text{ПДВ}_{\text{прив}} \cdot \frac{M_{\text{NO}_2}}{M_{\text{прив}}} = 1\,313,6 \cdot \frac{555,6}{5\,555,7} = 131,4 \text{ г/с}.$$

Задача 5

Тепловая электростанция выбрасывает в атмосферу $M_1 = 15$ т/ч (4 166,7 г/с) диоксида серы и $M_2 = 2$ т/ч (555,6 г/с) диоксида азота. Температура газовой смеси $T_r = 123$ °С. Высота трубы $H = 150$ м, диаметр устья $D = 5$ м, средняя скорость выхода газовой смеси $W_0 = 10$ м/с. Электростанция расположена в Свердловской области ($A = 160$). Средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца года $T_v = 23$ °С. Принять коэффициент $\eta = 1$. ПДК максимально разовая для $\text{SO}_2 = 0,5$ мг/м³, а для $\text{NO}_2 = 0,2$ мг/м.

Определить радиусы зоны влияния источника при опасной скорости ветра.

Решение

1. Расчет зоны влияния источника выброса SO_2 без учета выброса NO_2 .

Из решения задачи 1 принимаем:

$$V_1 = 196,25 \text{ м}^3/\text{с}, \quad V_M = 3,30 \text{ м}^3/\text{с}, \quad f = 0,22, \quad m = 1,083, \quad n = 1. \\ C_{\text{мSO}_2} = 1,19 \text{ мг/м}^3, \quad X_M = 2\,231 \text{ м}.$$

Зона влияния:

$$X_1 = 10 \cdot X_M = 10 \cdot 2\,231 = 22\,310 \text{ м};$$

$$C_{x_2} = 0,05 \cdot \text{ПДК}_{\text{м,р SO}_2} = 0,05 \cdot 0,5 = 0,025 \text{ мг/м}^3.$$

Формулу для расчета s_1 выбираем при $F \leq 1,5$ и $X/X_M > 8$:

$$s_1 = \frac{\frac{X}{X_M}}{3,58 \left(\frac{X}{X_M} \right)^2 - 35,2 \left(\frac{X}{X_M} \right) + 120};$$

$$C_{x_2} = s_1 \cdot C_M, \text{ отсюда} \quad s_1 = \frac{C_{x_2}}{C_M} = \frac{0,025}{1,19} = 0,021,$$

$$\text{тогда} \quad \frac{\frac{X}{X_M}}{3,58 \left(\frac{X}{X_M} \right)^2 - 35,2 \left(\frac{X}{X_M} \right) + 120} = 0,021.$$

Обозначим $X/X_M = t$ и решим квадратное уравнение:

$$\frac{t}{3,58t^2 - 35,2t + 120} = 0,021;$$

$t_1 = 21,3$, $t_2 = 1,3$ (наименьший корень отбрасываем).

За радиус зоны влияния принимаем значение $X_2 = 48\,250 \text{ м}$.

$X_2 > X_1$, поэтому радиус зоны влияния источника выброса в данном случае составляет 48 250 м.

2. Расчет зоны влияния источника выброса SO_2 для условий задачи 1 с учетом выброса NO_2 (эффекта суммации вредного действия).

Масса выбросов, приведенная к SO_2 :

$$M = M_{\text{SO}_2} + M_{\text{NO}_2} \cdot \frac{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} = 4\,166,7 + 555,6 \cdot \frac{0,5}{0,085} = 7\,434,9 \text{ г/с}.$$

Максимальное значение приземной концентрации C_m при опасной скорости ветра, приведенной к SO_2 :

$$C_m^{\text{прив}} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot (\Delta T \cdot V_1)^{1/3}} = \frac{160 \cdot 5\,555,7 \cdot 1,084 \cdot 1 \cdot 1}{150^2 \cdot (100 \cdot 196,25)^{1/3}} = 1,59 \text{ мг/м}^3.$$

Зона влияния:

$$X_1 = 10 \cdot X_m = 10 \cdot 2\,231 = 22\,310 \text{ м};$$

$$C_{X_2} = 0,05 \cdot \text{ПДК}_{\text{м,рSO}_2} = 0,05 \cdot 0,5 = 0,025 \text{ мг/м}^3;$$

$$s_1 = \frac{X/X_m}{3,58 \left(\frac{X}{X_m} \right)^2 - 35,2 \left(\frac{X}{X_m} \right) + 120};$$

$$C_{X_2} = s_1 \cdot C_m, \quad s_1^{\text{прив}} = \frac{C_{X_2}^{\text{прив}}}{C_m^{\text{прив}}} = \frac{0,025}{1,59} = 0,016.$$

$$\text{Обозначим } X/X_m = t; \quad \frac{t}{3,58t^2 - 35,2t + 120} = 0,016;$$

$t_1 = 32,05$; $t_2 = 1,05$ (наименьший корень) отбрасываем.

$$X_2^{\text{прив}} = 58\,809 \text{ м}.$$

$X_2 > X_1$, поэтому радиус зоны влияния источника выброса в данном случае составляет 58 809 м.

Задача 6

Тепловая электростанция выбрасывает в атмосферу $M_1 = 15$ т/ч (4 166,7 г/с) диоксида серы и $M_2 = 2$ т/ч (555,6 г/с) диоксида азота. Температура газовой смеси $T_r = 123$ °С. Высота трубы $H = 150$ м, диаметр устья $D = 5$ м, средняя скорость выхода газовой смеси $W_0 = 10$ м/с. Электростанция расположена в Свердловской области ($A = 160$). Средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца года $T_b = 23$ °С. Принять коэффициент $\eta = 1$. ПДК максимально разовая для $SO_2 = 0,5$ мг/м³, а для $NO_2 = 0,2$ мг/м³.

Рассчитать минимальную высоту трубы H_{\min} , при которой $C_m = \text{ПДК} - C_\phi$.

Решение

1. Расчет H_{\min} в первом приближении проводится из условия: $m_0 \cdot n_0 = 1$. Из решения задачи 1 принимаем: расход газовой смеси $V_1 = 196,25$ м³/с, масса выбросов M , приведенная к SO_2 , — 5 555,7 г/с. Приведенная фоновая концентрация C_ϕ (из решения задачи 4) — 0,125 мг/м³.

$$H_i = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{(\text{ПДК} - C_\phi) \cdot (V_1 \cdot \Delta T)^{1/3}}} = \sqrt{\frac{160 \cdot 5\,555,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{(0,5 - 0,125)(196,25 \cdot 100)^{1/3}}} = 296 \text{ м.}$$

2. Определение параметров f_1 , m_1 , V_{m_1} по рассчитанному значению H_i :

$$f_1 = 1\,000 \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = 1\,000 \cdot \frac{10^2 \cdot 5}{296^2 \cdot 100} = 0,057;$$

$$m_1 = \frac{1}{0,67 + 0,1 f_1^{1/2} + 0,34 f_1^{1/3}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot 0,057^{1/2} + 0,34 \cdot 0,057^{1/3}} = 1,21;$$

$$V_{m_1} = 0,65 \cdot \left(V_1 \cdot \frac{\Delta T}{H} \right)^{1/3} = 0,65 \cdot \left(196,25 \cdot \frac{100}{296} \right)^{1/3} = 2,63.$$

Поскольку $V_{m_1} > 2$, то $n_1 = 1$.

3. Определение минимальной высоты H_{\min} во втором и последующих приближениях проводится по формуле

$$H_{i+1} = H_i \sqrt{\frac{m_i \cdot n_i}{m_{i-1} \cdot n_{i-1}}}; \quad H_2 = 296 \sqrt{\frac{1,21 \cdot 1}{1}} = 325,6 \text{ м.}$$

По найденному значению H_2 определяем значения параметров:

$$f_2 = 0,047, \quad V_{m_2} = 2,55, \quad m_2 = 1,23, \quad n_2 = 1.$$

4. Определение H_{\min} в третьем приближении:

$$H_3 = 325,6 \sqrt{\frac{1,23 \cdot 1}{1,21 \cdot 1}} = 328 \text{ м.}$$

5. Проверка найденного значения H_{\min} :

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot (\Delta T \cdot V_1)^{1/3}} = \frac{160 \cdot 5555,7 \cdot 1 \cdot 1,23 \cdot 1 \cdot 1}{328,3^2 \cdot (100 \cdot 196,25)^{1/3}} = 0,375 \text{ мг/м}^3.$$

Максимальная концентрация загрязняющих веществ, приведенная к SO_2 , с учетом фоновой концентрации составляет:

$$C_{\text{м.общ}} = C_m + C_{\text{ф}} = 0,375 + 0,125 = 0,500 \text{ мг (SO}_2\text{)/м}^3;$$

$$C_{\text{м.общ}} = \text{ПДК}_{\text{м.р}} (\text{SO}_2) = 0,5 \text{ мг/м}^3.$$

Задача 7

Тепловая электростанция выбрасывает в атмосферу $M_1 = 15$ т/ч (4 166,7 г/с) диоксида серы и $M_2 = 2$ т/ч (555,6 г/с) диоксида азота. Температура газовоздушной смеси $T_r = 123$ °С. Высота трубы $H = 150$ м, диаметр устья $D = 5$ м, средняя скорость выхода газовоздушной смеси $W_0 = 10$ м/с. Электростанция расположена в Свердловской области ($A = 160$). Средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца года $T_b = 23$ °С. Принять коэффициент $\eta = 1$.

$$C_{\text{фSO}_2} = 0,1 \text{ мг/м}^3; \quad C_{\text{фNO}_2} = 0,01 \text{ мг/м}^3;$$

$$\text{ПДК}_{\text{м.рSO}_2} = 0,5 \text{ мг/м}^3; \quad \text{ПДК}_{\text{м.рNO}_2} = 0,2 \text{ мг/м}^3.$$

Определить размеры санитарно-защитной зоны (СЗЗ) с учетом среднегодовой розы ветров (табл. 1).

Таблица 1

Параметры среднегодовой розы ветров

Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость направлений ветра $P_{\text{в}}$, %	12	5	6	8	10	19	31	9

Определить: расчетный размер СЗЗ (L_0) и расчетный размер (l) по восьми направлениям (румбам) среднегодовой розы ветров.

Розу ветров и санитарно-защитную зону вычертить в произвольном масштабе.

Решение

1. Из решения задачи 1 принимаем: расход газовоздушной смеси $V_1 = 196,25 \text{ м}^3/\text{с}$, масса выбросов M , приведенная к SO_2 , — $5\,555,7 \text{ г/с}$. Приведенная фоновая концентрация $C_{\text{ф}}$ (из решения задачи 4) — $0,125 \text{ мг/м}^3$.

Значение максимальной приземной концентрации для приведенной массы выброса:

$$C_{\text{м.прив}} = \frac{A \cdot M_{\text{прив}} \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{160 \cdot 5\,555,7 \cdot 1 \cdot 1,083 \cdot 1 \cdot 1}{150^2 \sqrt[3]{196,25 \cdot 100}} = 1,59 \text{ мг/м}^3.$$

Расстояние $X_{\text{м}}$, на котором достигается максимальная концентрация $C_{\text{м.прив}}$:

$$X_{\text{м}} = 2\,231 \text{ м}.$$

2. Учитывая приведенные значения максимальной приземной и фоновой концентрации, определим общую концентрацию выбрасываемых вредных веществ:

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{прив}} + C_{\text{ф.прив}} = 1,59 + 0,125 = 1,715 \text{ мг/м}^3.$$

$$\text{Полученное значение } C_{\text{общ}} > \text{ПДК}_{\text{м.рSO}_2} = 0,5 \text{ мг/м}^3.$$

3. Расчет расстояния от центра источника до внешней границы СЗЗ.

Определяем расстояние L_0 , которое является постоянным для всех направлений ветра, где $C_{\text{общ}} = C_x = \text{ПДК} - C_{\text{ф}}$:

$$C_{\text{общ}} = 0,5 - 0,125 = 0,375 \text{ мг (SO}_2\text{)/м}^3;$$

$$C_x = s_1 C_{\text{мSO}_2}, \text{ откуда } s_1 = \frac{C_x}{C_{\text{мSO}_2}} = \frac{0,375}{1,59} = 0,24.$$

Величина отношения $X/X_{\text{м}}$ при $s_1 = 0,24$ вычисляется с использованием формулы

$$s_1 = \frac{1,13}{0,13(X/X_{\text{м}})^2 + 1}, \quad 0,24 = \frac{1,13}{0,13(X/X_{\text{м}})^2 + 1},$$

откуда $X_{\text{м}}/X = 5,34$.

$$\text{Значение } X = L_0 = 2\,231 \cdot 5,34 = 11\,913 \text{ м.}$$

4. Расчет расстояния от центра СЗЗ до ее внешней границы по направлениям ветра с учетом вытянутости розы ветров.

Расстояние до внешней границы СЗЗ корректируется в соответствии с вытянутостью розы ветров в рассматриваемом направлении по формуле

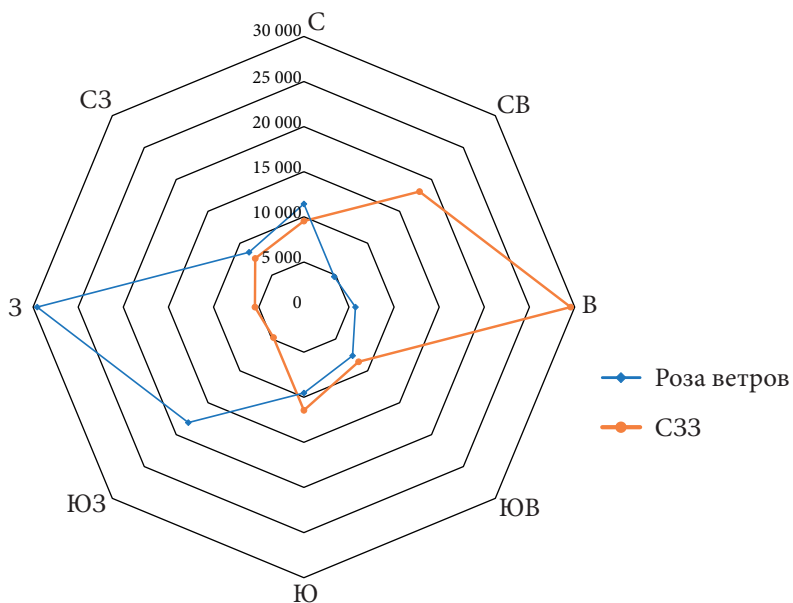
$$l = L_0 \frac{P}{P_0},$$

где P_0 — повторяемость направлений ветров одного румба при круговой зоне ветров,%. Для восьмирумбовой розы ветров $P_0 = 12,5\%$. Результаты расчета сводятся в табл. 2, строится графическое изображение СЗЗ (см. рисунок).

Таблица 2

Результаты расчета размеров СЗЗ с учетом направления ветра

Направление ветра	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Повторяемость направлений ветра, P , %	12	5	6	8	10	19	31	9
Вытянутость розы ветров, P/P_0	0,96	0,4	0,48	0,64	0,8	1,52	2,48	0,72
Длина по румбам, l , м	11 436	4 765	5 718	7 624	9 530	18 108	29 544	8 577



Санитарно-защитная зона

Задача 8

Провести анализ источников выброса загрязняющих веществ предприятия (табл. 1). Определить класс источников выбросов и приоритетность загрязняющих веществ.

Таблица 1

Исходные данные по выбросам

Номер источника	Загрязняющие вещества	M , г/с	V_1 , м ³ /с	H , м	D , м
1	CO	3	50	60	2,5
	NO ₂	0,5			
	BaCl ₂ (пыль)	10			
2	Керосин	12	15	40	1,5
	CO	7			
	NO ₂	1,5			
3	SO ₂	4	10	15	0,6
	NO ₂	1,8			
4	MgCO ₃	50	7,5	20	0,5
	CO	1,5			
	NO ₂	2			
5	Керосин	25	20	30	0,8
	SO ₂	8			

В расчетах использовать следующие значения предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ:

CO	ПДК _{м.р} = 5 мг/м ³ ;
NO ₂	ПДК _{м.р} = 0,2 мг/м ³ ;
SO ₂	ПДК _{м.р} = 0,5 мг/м ³ ;
BaCl ₂	10ПДК _{с.с} = 0,04 мг/м ³ ;
MgCO ₃	ПДК _{м.р} = 0,5 мг/м ³ ;
Керосин	ОБУВ = 1,2 мг/м ³ .

Решение

1. Определение класса источников выбросов загрязняющих веществ.

Класс источников выбросов загрязняющих веществ определяется на основе двух параметров: требуемого потребления воздуха, ТПВ_{ij} ($\text{м}^3/\text{с}$) и параметра разбавления примеси R_{ij} .

$$\text{ТПВ}_{ij} = 10^3 \frac{M_{ij}}{\text{ПДК}_j};$$

$$R_{ij} = \frac{D_i}{D_i + H_i} \cdot \frac{q_{ij}}{\text{ПДК}_j},$$

где $q_{ij} = \frac{M_{ij} 10^3}{V_{ij}}.$

Загрязняющее вещество MgCO_3 для источника № 4:

$$\text{ТПВ}_{ij} = 10^3 \cdot \frac{50}{0,5} = 100\,000 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$q_{ij} = \frac{50 \cdot 10^3}{7,5} = 6\,666,7 \text{ мг/м}^3;$$

$$R_{ij} = \frac{0,5}{0,5 + 20} \cdot \frac{6\,666,7}{0,5} = 325,2.$$

Дальнейшие расчеты производятся аналогично, а результаты расчетов сводятся в табл. 2. Для источника № 3 расчет ведется по группе суммации $\text{NO}_2 + \text{SO}_2$, приведенной к NO_2 .

2. Определение приоритетности загрязняющих веществ.

Приоритетность загрязняющих веществ определяется по критерию параметра $\Phi_j / 10 \bar{H}_j$. Параметр Φ_j и средневзвешенная высота источников выброса \bar{H}_j j -го вещества для N загрязняющих веществ определяется по формулам:

$$\Phi_j = \frac{10^3}{\bar{H}_j} \sum_{i=1}^N \frac{M_{ij}}{\text{ПДК}_j};$$

где \bar{H}_j — средневзвешенная высота источника выброса j -го вещества;

$$\bar{H}_i = \frac{5 \sum M_{ij(0...10 \text{ м})} + 15 \sum M_{ij(11...20 \text{ м})} + 25 \sum M_{ij(21...30 \text{ м})} + \dots}{\sum M_{ij}}.$$

Таблица 2

Результаты расчета приоритетности источников выбросов

Вещество	Номер источника	M_{ij} г/с	V_{ij} м ³ /с	H_{ij} м	D_{ij} м	ТПВ _{ij} м ³ /с	q_{ij} мг/м ³	R_{ij}	Класс источника
MgCO ₃	4	50	7,5	20	0,5	100 000	6 666,7	325,2	I
NO ₂ + SO ₂	1	0,5	50	60	2,5	2 500	10	2	IV
	2	1,5	15	40	1,5	7 500	100	18,1	III
	3	3,4	10	15	0,6	17 000	340	65,4	II
	4	2	7,5	20	0,5	10 000	266,7	32,5	II
	5	8	20	30	0,8	16 000	400	20,77	III
BaCl ₂	1	10	50	60	2,5	250 000	200	200	II
Керосин	2	12	15	15	1,5	10 000	800	60,6	II
	5	25	20	20	0,8	20 833	1 250	40,06	III
CO	1	3	50	60	2,5	600	60	0,48	IV
	2	7	15	40	1,5	14 000	466,7	3,37	IV
	4	1,5	7,5	20	0,5	300	200	0,97	IV

Загрязняющее вещество считается приоритетным, если $\Phi_j > 10 \bar{H}_j$.

При $H_i \leq 10$ м для приоритетных веществ $\Phi_j > 100$.

Результаты расчетов сводятся в табл. 3.

Загрязняющее вещество CO:

$$\bar{H}_{\text{CO}} = \frac{15 \cdot 1,5 + 35 \cdot 7 + 55 \cdot 3}{3 + 7 + 1,5} = 37,6 \text{ м};$$

$$\Phi_{\text{CO}} = \frac{1000}{37,6} \cdot \frac{3 + 7 + 1,5}{5} = 61,2.$$

Для загрязняющих веществ NO₂ и SO₂ учитывается эффект суммации, поэтому массы их выбросов приводятся к диоксиду азота.

$$M_{\text{привNO}_2} = M_{\text{NO}_2} + M_{\text{SO}_2} \frac{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} =$$

$$= (0,5 + 1,5 + 1,8 + 2) + (4 + 8) \frac{0,2}{0,5} = 10,6 \text{ г/с};$$

$$\bar{H}_{\text{NO}_2} = \frac{15 \cdot (1,8 + 2 + 4) + 25 \cdot 8 + 35 \cdot 1,5 + 55 \cdot 0,5}{1,8 + 2,0 + 4,0 + 8 + 1,5 + 0,5} = 22,3;$$

$$\Phi_{\text{NO}_2} = \frac{1\,000}{22,3} \cdot \frac{10,6}{0,2} = 2376,7.$$

Загрязняющее вещество BaCl_2 :

$$\bar{H}_{\text{BaCl}_2} = \frac{55 \cdot 10}{10} = 55 \text{ м};$$

$$\Phi_{\text{BaCl}_2} = \frac{1\,000}{55} \cdot \frac{10}{0,04} = 4\,545,46.$$

Загрязняющее вещество MgCO_3 :

$$\bar{H}_{\text{MgCO}_3} = \frac{15 \cdot 50}{50} = 15 \text{ м};$$

$$\Phi_{\text{MgCO}_3} = \frac{1\,000}{15} \cdot \frac{50}{0,5} = 6\,666,6.$$

Загрязняющее вещество керосин:

$$\Phi_{\text{керосин}} = \frac{1\,000}{28,24} \cdot \frac{25 + 12}{1,2} = 1\,091,82.$$

Наиболее приоритетные загрязняющие вещества: MgCO_3 и группа суммации $\text{NO}_2 + \text{SO}_2$. Анализ и оценка проектных данных должна проводиться по этим веществам в первую очередь.

Таблица 3

Результаты расчета приоритетности загрязняющих веществ

Вещество	Номер источника	M_j , г/с	H_j , м	\bar{H}_j , м	$\Phi_j = \frac{10^3 \sum_{i=1}^N M_{ij}}{\bar{H}_j \sum_{i=1}^N \text{ПДК}_j}$	$\Phi_j / 10H_i$	Приоритетность вещества
СО	1	3	60	37,6	61,2	0,16	5
	2	7	40				
	4	1,5	20				
NO ₂ + SO ₂	1	10,6	60	22,3	2 376	10,66	2
	2		40				
	3		15				
	4		20				
	5		30				
BaCl ₂	1	10	60	55	4 545,5	8,26	3
Керосин	2	12	40	28,24	1 091,8	3,87	4
	5	25	30				
MgCO ₃	4	50	20	15	6 666,6	44,44	1

СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК

1. Федеральный закон от 04.05.1999 г. № 96-ФЗ (ред. от 13.07.2015 г.) «Об охране атмосферного воздуха».
2. ГОСТ 17.2.3.02–14. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. М. : Изд-во стандартов, 2014.
3. Постановление Правительства РФ от 02.03.2000 г. № 183 (ред. от 15.02.2011 г.) «О нормативах выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и вредных физических воздействий на него».
4. Перечень методик, используемых в 2016 году для расчета, нормирования и контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. СПб. : НИИ «Атмосфера», 2015.
5. Рекомендации по оформлению и содержанию проектов нормативов допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ) для предприятий. М. : Госкомприроды РСФСР, 1990.
6. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. СПб. : НИИ «Атмосфера», 2012.
7. Методы расчетов рассеивания вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе. Утв. Приказом Минприроды России от 06.06.2017 г. № 273.
8. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. СПб. : НИИ «Атмосфера», 2015.

9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200–03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. М. : Минздрав России, 2008 (с изм. от 25 апреля 2014 г.).

10. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 г. № 87 (ред. от 15.02.2011) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию». М., 2008.

11. Инструкция по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Л. : Госкомприроды СССР, 1990.

12. Приказ Минприроды РФ № 579 от 31 декабря 2010 г. «Порядок установления источников выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, подлежащих государственному учету и нормированию».

13. СанПиН 2.1.6.1032–01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест. М. : Минздрав России, 2001.

14. ГОСТ 17.2.1.04–2014. Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Основные термины и определения. М. : Изд-во стандартов, 2014.

15. Методическое пособие по аналитическому контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. СПб. : НИИ «Атмосфера», 2012.

16. РД 153–34.0–02.303–98. Инструкция по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для тепловых электростанций и котельных. М., 1998.

17. Пособие к СНиП 11–01–95 по разработке раздела проектной документации «Охрана окружающей среды». М. : ГП «Центринвестпроект», 2000.

18. РД-52.04.186–89. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. М., 1991.

19. РД-52.04.52–85. Методические указания. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях. Л. : Гидрометеиздат, 1987.

Учебное издание

Кирсанов Юрий Георгиевич

**ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ
ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ
НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ**

Учебное пособие

Заведующий редакцией

Редактор

Корректор

Компьютерная верстка

М. А. Овечкина

С. Г. Галинова

С. Г. Галинова

В. К. Матвеев

Подписано в печать 02.07.2018 г. Формат 60×84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Цифровая печать. Усл. печ. л. 6,5.
Уч.-изд. л. 5,5. Тираж 50 экз. Заказ 126.

Издательство Уральского университета
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: +7 (343) 389-94-79, 350-43-28
E-mail: rio.marina.ovechkina@mail.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13
Факс: +7 (343) 358-93-06
<http://print.urfu.ru>

Для заметок

Для заметок

